

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การประมาณค่าคุณสมบัติการต้านทานแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำของดินเหนียว โดยการวิเคราะห์ย้อนกลับ กรณีศึกษาบ่อบำบัดน้ำเสียของ CPF ถนนสุวินทวงศ์ มีนบุรี กรุงเทพมหานคร

UNDRAINED SHEAR STRENGTH OF CLAY ESTIMATED BY BACK ANALYSIS METHOD CASE STUDY OF CPF'S WASTE LAGOON, SUVINTAWONG ROAD, MEANBURI, BABGKOK



T105017



เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 105017

วันเดือนปี..... 12 พ.ย. 2552



ปฏิญานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UNDRAINED SHEAR STRENGTH OF CLAY ESTIMATED BY BACK ANALYSIS METHOD CASE
STUDY OF CPF'S WASTE LAGOON, SUVINTAWONG ROAD, MEANBURI, BABGKOK



A SPACIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
DEPATMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ การประมาณค่าคุณสมบัติการต้านทานแรงเฉือนของดินโดยการวิเคราะห์
ช้อนกลับ (SHEAR RESISTANCE APPROXIMATION OF CLAY
BY ANALYTICAL METHOD)

นักศึกษา นายพันธวัช สิมมา รหัสประจำตัว 49015572
นายสาริต สมามิงคด รหัสประจำตัว 49015585
นายอภิชาติ สิมมา รหัสประจำตัว 49015596

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

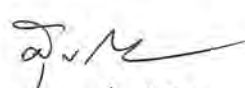
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ อุบะ ศิริแก้ว, คร. วิไลลักษณ์ สระมุด

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม คุณสุรัตน์ เพชรคงแก้ว ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม หน่วยงานด้านพัฒนา
อุปกรณ์การผลิต และวิศวกรรมกลาง บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด
(มหาชน)

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ.สุพจน์ ศรีนิล	
รศ.ดร.สุชัชวีร์ สุวรรณสวัสดิ์	
อ.อุบะ ศิริแก้ว	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว


(ผศ.สุพจน์ ศรีนิล)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การประมาณค่าคุณสมบัติการต้านทานแรงเฉือนของดินเหนียวแบบไม่ระบายน้ำ โดยการวิเคราะห์ย้อนกลับเมื่อลาดดินวิบัติกรณีศึกษาบ่อบำบัดน้ำเสียของ CPF ถนนสุวินทวงศ์ มีนบุรี กรุงเทพมหานคร		
นักศึกษา	นายพันธวัช สิมมา	รหัสประจำตัว	49015572
	นายสาธิต สมาธิมงคล	รหัสประจำตัว	49015585
	นายอภิชาติ สิมมา	รหัสประจำตัว	49015596
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ อุบะ ศิริแก้ว , ดร.วิไลลักษณ์ สระมูล		
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	คุณสุรัตน์ เพชรคงแก้ว ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม หน่วยงานด้านพัฒนาอุปกรณ์การผลิต และวิศวกรรมกลาง บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน)		
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา		
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์		
ปีการศึกษา	2551		

บทคัดย่อ

การประเมินคุณสมบัติค่าต้านทานแรงเฉือนของดินเหนียวเนื้อเดียวกันของชั้นดินที่มีความลาดชันที่จำกัด ไม่มีแรงดันน้ำมาเกี่ยวข้อง สามารถประเมินเบื้องต้นจากชั้นดินที่มีความลาดชันนั้นเกิดพังทลายวิบัติ โดยการวิเคราะห์แบบย้อนกลับ ได้ทำการศึกษาในชั้นดินเหนียวผนังบ่อบำบัดน้ำเสียที่เกิดพังทลายขณะก่อสร้าง ของบริษัท CPF ซึ่งบ่อดินชุดมีขนาด 60 เมตร x 80 เมตร x 5.5 เมตร ได้สมมุติให้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเป็น 0.99 ซึ่งค่าต้านทานแรงเฉือนของดินเหนียวที่ได้จะเป็นค่าที่มากที่สุดโดยใช้วิธีของ Bishop, Fellenius และ Taylor ค่าความต้านทานแรงเฉือนจากการวิเคราะห์ย้อนกลับมีค่าเป็น 0.94 , 0.93 และ 0.93 ตันต่อตารางเมตรตามลำดับ ได้เลือกค่าจากการคำนวณด้วยวิธีของ Bishop มาใช้ในการคำนวณเพื่อหาอัตราส่วนความปลอดภัยใหม่และปรับแก้ความลาดชันของลาดดินในขณะก่อสร้าง และค่าที่ได้จากการคำนวณย้อนกลับได้นำ มาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดสอบ Direct Shear และค่าที่ได้จากการทำ Field Vane Shear ซึ่งพบว่าค่าความต้านทานแรงเฉือนของดินเหนียวจากการทดสอบวิธีการข้างต้นเป็น 1.2 ตันต่อตารางเมตร และ 0.35-0.80 ตันต่อตารางเมตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าค่าที่ทดสอบในภาคสนาม ทั้งนี้เนื่องจากการทดสอบในสนามได้ทดสอบตลอดความลึกของชั้นดินและ ครอบคลุมพื้นที่มีข้อมูลที่มากกว่าและชั้นดินตามธรรมชาติไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ส่วนค่าที่ได้จากการวิเคราะห์แบบย้อนกลับและตัวอย่างดินที่นำมาทดสอบเป็นค่าที่ได้จากบริเวณผนังบ่อดินที่วิบัติและเป็นดินตัวอย่างที่เก็บจากพื้นที่ใกล้เคียงที่ลาดดินพังทลาย

TITLE UNDRAINED SHEAR STRENGTH OF CLAY ESTIMATED BY
BACK ANALYSIS METHOD ON FAILURE OF SOIL SLOPE
CASE STUDY OF THE CPF'S WASTE LAGOON,
SUVINTAWONG ROAD, MEANBURI, BABGKOK

NAME MR. PANTHAWAT SIMMA
MR.APICHART SIMMA
MR.SATRIT SAMATIMONGKOL

FIELD CIVIL ENGINEERING

DEPARTMENT CIVIL ENGINEERING

FACULTY ENGINEERING

ADVISOR MS.UBA SIRIKAEW AND DR.VILAILUCK SRAMOON

CO.ADVISER MR.SURAT PECHKHONGKAEW

ABSTRACT

Undrained Shear Strength of Clay was estimated by back analysis method of the failure of the clay slope. The study was carried out at the CPF factory, during the construction of the waste lagoon with 60 m x 80 m x 5.5 m, the west side lagoon wall was sliding. Clay slope failure was inspected and was analyzed. Back analysis method was applied at the rotational sliding slope, by given the value of the factor of safety as 0.99. The method of Bishop, Fellenius and Taylor presented the value of clay cohesion strength as 0.94, 0.93 and 0.93 ton per square meter, respectively. The calculated value was taken to redesign the clay slope during construction. For the detail design, the cohesion strength of clay was determined by direct shear test and by the field vane shear test. The cohesive strength values determined by those methods were 1.2 ton per square meter and 0.35-0.80 ton per square meter. It implied that the value of the shear strength parameter of clay obtained by the back analysis calculation and the value of that determined by the direct shear, both were performed by using the representative samples obtained from the failure section and from the adjacent area. For field vane shear test, it carried out at several clay sections. The values of the undrained shear strength are varied due to the number of testing and the non homogeneous of clay layers.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงลงได้นั้น มิได้เกิดจากคณะผู้จัดทำโครงการพิเศษเพียงลำพัง จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณบุคคลที่มีส่วน ทำให้โครงการพิเศษนี้บรรลุผลสำเร็จด้วยดีดังนี้

คุณสุรัตน์ เพชรคงแก้ว ตลอดจน วิศวกร และเจ้าหน้าที่โครงการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย บริษัท ซีพีเอฟ ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด (โรงงานแปรรูปเนื้อไก่ และอาหารแปรรูป มีนบุรี) ทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการสำรวจ เก็บข้อมูลพื้นที่โครงการ ตลอดจนคำปรึกษาชี้แนะแนวทางเกี่ยวกับงานวิจัยข้อผิดพลาดที่เกิดจากการทดสอบ และการปรับปรุงแก้ไขระหว่างการทดสอบ และข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการทำโครงการนี้

คณะกรรมการสอบ โครงการพิเศษ ผศ.สุพจน์ ศรีนิล และ รศ.ดร.สุชัยวีร์ สุวรรณสวัสดิ์ ที่ให้คำแนะนำ ซึ่งได้นำไปปรับปรุงแก้ไข และเพิ่มเติมเนื้อหาในส่วนที่ขาดไปให้มีความสมบูรณ์ถูกต้องยิ่งขึ้น

ดร.วิไลลักษณ์ สระมูล และ อาจารย์อุษะ ศิริแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษนี้ ตลอดระยะเวลาที่ได้ทำการศึกษา ท่านได้ให้คำแนะนำและการสั่งสอนที่มีค่ามากมาย บุพการี และครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ข้อคิดดี ๆ ตลอดจนอบรมสั่งสอนสรรพสิทธิวิทยาการต่าง ๆ ที่ทำให้สามารถดำเนินการจัดทำโครงการพิเศษนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมทั้ง ขอขอบคุณบุคคลอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึง ซึ่งมีส่วนร่วมกับการงานวิจัยทุกท่านที่มีส่วนทำให้งานวิจัยประสบความสำเร็จลุล่วงได้

ประโยชน์อันใดที่เกิดจากงานวิจัยนี้ ล้วนเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านทั้งหลาย ที่ได้กล่าวมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

นายพันธวัช สิมมา

นายสาธิต สมาธิมงคล

นายอภิชาติ สิมมา

คณะผู้จัดทำโครงการพิเศษ

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกในภาษาไทย	
	ปกในภาษาอังกฤษ	
	หน้าอ努มติ	
	บทคัดย่อภาษาไทย	ก
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
	กิตติกรรมประกาศ	ค
	สารบัญ	ง
	สารบัญตาราง	ช
	สารบัญรูป	ซ
	คำอธิบายสัญลักษณ์ / คำย่อ / คำนิยาม	ฅ
1	บทนำ	
	1.1 กล่าวนำ	1
	1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
	1.4 ขอบเขตของการศึกษา	2
	1.5 วิธีการศึกษา	3
2	วรรณกรรมปริทัศน์	
	2.1 การรับแรงเฉือนของดิน	5
	2.2 ทฤษฎีการวิบัติของดิน โดย มอร์-คูลอมบ์	5
	2.3 กำลึงเฉือนของดินเหนียว	7
	2.3.1 การทดสอบหาคำลึงเฉือนในห้องปฏิบัติการ	7
	2.3.2 การทดสอบหาคำลึงเฉือนในสนาม	9
	2.4 เสถียรภาพของความลาดชัน (Slope Stability)	10
	2.4.1 ลักษณะของลาดดิน	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	เรื่อง	หน้า
	2.4.2 ลักษณะของการพิบัติของลาดดิน	11
	2.4.3 ชนิดของการวิบัติ	12
	2.4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการวิบัติของลาดดิน	12
	2.4.5 สาเหตุของการวิบัติของลาดดิน	13
	2.4.6 การประมาณค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของ Taylor	14
	2.4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของดินเหนียวอ่อน	16
	2.5 ทฤษฎีการวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของเสถียรภาพความลาด ทฤษฎีของ Felenius Method of Slice	17
	ทฤษฎีของ Simplified Bishop Method of Slice	19
	2.6 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพความลาด	21
3	แผนงานและขั้นตอนดำเนินงาน	
	3. แผนการดำเนินงาน	25
	3.1 การศึกษาข้อมูลที่เป็นในการทำโครงการ	25
	3.2 วางแผนการดำเนินการ และแผนการเก็บข้อมูลในสนาม	25
	3.3 เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์	26
	3.4 การจัดเก็บข้อมูลในภูมิประเทศ	26
	3.5 การวิเคราะห์และคำนวณผลโดยการคำนวณย้อนกลับ	26
	3.6 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณย้อนกลับ	26
	3.7 การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการศึกษา	27
	3.8 จัดทำรายงานผลการศึกษา	27
4	ผลการทดสอบและการวิเคราะห์	
	4.1 ที่ตั้งพื้นที่ที่ปฏิบัติงาน	28
	4.2 คุณสมบัติลักษณะชั้นดิน และข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์	30
	4.3 ระนาบการวิบัติของลาดดิน (PLANE OF FAILURE)	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	เรื่อง	หน้า
4.4	คุณสมบัติด้านการต้านทานแรงเฉือนของดินที่ได้จากการวิเคราะห์ย้อนกลับโดยทฤษฎีต่างๆ	37
4.5	การตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยของลาดดินเพื่อนำค่าที่ได้ใช้เป็นข้อเสนอแนะ และแนวทางแก้ไขปัญหา	40
5	สรุปผลการทดสอบ	
5.1	สรุปผลการทดสอบ	41
5.2	ข้อเสนอแนะ	43
เอกสารและสิ่งอ้างอิง		
	ภาคผนวก ก ข้อมูลชั้นดินเบื้องต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์	
	ภาคผนวก ข การวิบัติของลาดดิน	
	ภาคผนวก ค ข้อมูลการสำรวจภูมิประเทศ	
	ภาคผนวก ง การคำนวณ โดยวิธี Bishop Method of Slice	
	ภาคผนวก จ การคำนวณ โดยวิธี Fellenius Method of Slice	
	ภาคผนวก ฉ การตรวจสอบความปลอดภัยของลาดดิน	
	โดยโปรแกรม KU Slope	

สารบัญตาราง

ชื่อตาราง	หน้า
ตารางที่ 2-1 แสดงค่าความแน่นของทรายและความแข็งของดินเหนียว จากผลการตอกทะลวงมาตรฐาน	9
ตารางที่ 2-2 แสดงการเปรียบเทียบวิเคราะห์ Finite Slope แบบต่าง ๆ	24
ตารางที่ 4-1 สรุปลักษณะชั้นดินบริเวณพื้นที่โครงการก่อสร้าง	30
ตารางที่ 4-2 แสดงระนาบของการวิบัติ	32
ตารางที่ 4-3 แสดงคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของดินที่ได้จากการคำนวณย้อนกลับ โดยทฤษฎีของ Simplified Bishop Method of Slice	38
ตารางที่ 4-4 แสดงคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของดินที่ได้จากการคำนวณย้อนกลับ โดยทฤษฎีของ Felenius Method	38
ตารางที่ 4-5 แสดงคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของดินที่ได้จากการคำนวณย้อนกลับ โดยทฤษฎีของ Taylor Method	39
ตารางที่ 4-6 แสดงคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของดินที่ได้จากการคำนวณย้อนกลับ โดยโปรแกรม KU Slope	39
ตารางที่ 4-7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยที่ได้จากการกำหนด ค่าความลาดชันต่าง ๆ โดยโปรแกรม KU Slope	40
ตารางที่ 5-1 แสดงค่าความต้านทานแรงเฉือนของดินจากการคำนวณย้อนกลับ	41

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
1.1.	วิธีการศึกษางานวิจัย	3
2.1	แสดงนิยามทฤษฎีการวิบัติของมอร์ – คูลอมบ์	6
2.2	กราฟแสดงสมการ มอร์ – คูลอมบ์	7
2.3	การทดสอบแรงเฉือนโดยตรง	8
2.4	แสดงรูปส่วนประกอบของการวิบัติของลาดดิน	10
2.5	ลักษณะการพิบัติของลาดดินและหินแบบต่าง ๆ	11
2.6	ชนิดของการพิบัติของลาดดินและหินแบบต่าง ๆ	12
2.7	แสดงค่าความชันต่ำสุดของการเกิดแต่ละรูปแบบการวิบัติ	13
2.8	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stability Number (Ns), มุมของด้านข้างของ (β) และค่า Depth Factor (Nd)	15
2.9	แสดงความสัมพันธ์ของค่าปัจจัยต่าง ๆ และเวลา	16
2.10	แสดงแรงกระทำ ต่อ Slice สำหรับทฤษฎี Ordinary Method of Slice	17
2.11	แรงกระทำ ต่อ Slice สำหรับทฤษฎี Simplified Bishop Method of Slice	19
2.12	แสดงแบบจำลองของ Vane Shear Test	22
2.13	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Plasticity Index กับตัวคูณปรับแก้ (μ)	23
4.1	แสดงแผนที่ที่ตั้งบริเวณพื้นที่ศึกษา	28
4.2	แสดงบริเวณพื้นที่ศึกษา	29
4.3	แสดงสภาพบ่อน้ำบาดที่ตัดแต่งลาดดินก่อนที่จะเกิดการวิบัติ (1)	34
4.4	แสดงสภาพบ่อน้ำบาดที่ตัดแต่งลาดดินก่อนที่จะเกิดการวิบัติ (2)	34
4.5	แสดงสภาพบ่อน้ำบาดที่ตัดแต่งลาดดินก่อนที่จะเกิดการวิบัติ (3)	35
4.6	แสดงการวิบัติของลาดดิน (1)	35
4.7	แสดงการวิบัติของลาดดิน (2)	36

คำอธิบายสัญลักษณ์ และคำย่อ

W	=	น้ำหนักของดิน
N	=	แรงเสียดทานที่ตั้งฉากกับลาดดิน
U	=	แรงดันน้ำที่ผิวล่าง
α	=	มุมเอียงของลาด
σ_n	=	หน่วยแรงโดยตรงบนระนาบพิบัติของมวลดิน (Normal Stress)
c	=	แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน (Cohesion)
ϕ	=	มุมเสียดทานภายในของมวลดิน (Angle of Internal Friction)
R	=	รัศมีการวิบัติ
U	=	แรงดันน้ำที่ผิวล่าง
β	=	มุมเอียงของลาด
τ	=	แรงเฉือนบนระนาบพิบัติของมวลดิน (Shear Strength)
h	=	ความสูงของลาด
b	=	ความกว้างของส่วนของลาด
σ_n	=	หน่วยแรงในทิศทางที่ตั้งฉากกับระนาบที่วิบัติ
\emptyset	=	มุมต้านทานแรงเฉือน
Z	=	ความลึกของจุดที่พิจารณาจากระดับผิวดิน
Q	=	น้ำหนักแผ่กระจายภายนอกที่กระทำที่ผิวดิน (Surcharge)
γ_w	=	หน่วยน้ำหนักของน้ำ
V_h	=	ปริมาตรกระเปาะของไฮโดรมิเตอร์
A	=	พื้นที่หน้าตัด
V	=	ปริมาตรรวมทั้งหมด
V_b	=	ปริมาตรเม็ดดิน
V_w	=	ปริมาตรน้ำในช่องว่าง
V_a	=	ปริมาตรอากาศในช่องว่าง
V_v	=	ปริมาตรช่องว่างระหว่างเม็ดดิน
W	=	น้ำหนักรวมของดินทั้งหมด
W_s	=	น้ำหนักเม็ดดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายสัญลักษณ์ และคำย่อ(ต่อ)

- W_w = น้ำหนักน้ำในช่องว่าง
- P = แรงที่กระทำตั้งฉากกับผิวสัมผัส
- σ'_h = ความเค้นประสิทธิผลเนื่องจากน้ำหนักดินชั้นบนที่กดทับในแนวราบ
- σ'_v = ความเค้นประสิทธิผลเนื่องจากน้ำหนักดินชั้นบนที่กดทับในแนวตั้ง
- N_s = ค่า Stability Number
- H_c = ความสูง (Critical Height)
- Su_{FV} = กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำในสนาม
- T = ขนาดแรงบิดสูงสุด
- d = เส้นผ่านศูนย์กลางของไบเวน
- h = ความสูงของไบเวน
- a = ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับการกระจายของหน่วยแรงเฉือนที่ส่วนบน



บทที่ 1

บทนำ

(Introduction)

1.1. กล่าวนำ (Introduction)

ดินนับเป็นมวลวัสดุที่สำคัญในงานวิศวกรรมโยธา เช่นเป็นวัสดุก่อสร้างเป็นฐานรากของอาคารหรือสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกล ตลอดจนพฤติกรรมการตอบสนองต่อแรงที่กระทำ จะต้องอาศัยความรู้ทางด้านปฐพีกลศาสตร์ เนื่องจากดินในแต่ละพื้นที่จะมีลักษณะส่วนประกอบและสมบัติแตกต่างกันออกไป การเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาทดสอบหาสมบัติและความเหมาะสมต่องานจำเป็นต้องใช้ความรู้ทางด้านธรณีเทคนิค เพื่อกำหนดตำแหน่งและปริมาณตัวอย่างที่จะเก็บให้เป็นตัวแทนของดินในพื้นที่นั้น การประเมินสมบัติของดินจากการทดสอบตัวอย่าง อาจต้องอาศัยการวิเคราะห์ทางสถิติประกอบเพื่อผลที่เชื่อถือได้ เมื่อเราได้สมบัติทั้งทางกายภาพ และทางวิศวกรรมของดิน เราสามารถนำผลการวิเคราะห์ที่ไปใช้ดังนี้

1. วิเคราะห์และออกแบบงานที่ใช้ดินเป็นโครงสร้าง
2. ประเมินเสถียรภาพความลาดของดิน
3. ประเมินความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างบนดิน
4. ประเมินขนาดและการกระจายแรงดันดินด้านข้างต่อโครงสร้าง
5. ทำนายการเคลื่อนของน้ำผ่านตัวกลางดิน
6. หาวิธีการปรับปรุงคุณภาพดินที่มีปัญหาได้เหมาะสมกับงาน

1.2. ที่มาของปัญหา (Background)

โดยทั่วไปการหาค่าความต้านทานแรงเฉือนของดิน สามารถกระทำได้ 2 วิธี คือ การทดสอบในสนาม และการทดสอบในห้องปฏิบัติการ แต่ในบางกรณีที่มีความจำเป็นต้องทราบผลเพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการคำนวณ ออกแบบ แต่วิธีการหาค่าความต้านทานแรงเฉือนตามที่กล่าวมาแล้วนั้น จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินการเป็นเวลานาน จึงทำให้ไม่สามารถทราบผลได้ในระยะเวลาที่จำกัด คณะผู้วิจัยตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้น จึงได้ใช้วิธีการคำนวณหาค่าความต้านทานแรงเฉือน โดยนำผลที่ได้จากการเก็บข้อมูลในสนามมาคำนวณย้อนกลับ (BACK ANALYSIS) เพื่อให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถทราบค่าความต้านทานแรงเฉือนที่จะนำ มาใช้คำนวณ และออกแบบในเบื้องต้นได้ ในการคำนวณย้อนกลับนั้น ได้กำหนดให้ลาดดินอยู่ในสถานะที่เริ่มเกิดการวิบัติ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยของลาดดินมีค่าน้อยกว่า 1

1.3. วัตถุประสงค์ (Objective)

1. เพื่อศึกษาวิธีการประมาณคุณสมบัติด้านการต้านทานแรงเฉือนของดินโดยการคำนวณย้อนกลับ
2. เพื่อหาค่าความชันที่เหมาะสม ที่ทำให้ไม่เกิดการวิบัติของลาดดิน
3. เพื่อสามารถนำผลการศึกษาไปกำหนด ออกแบบลาดดิน ให้สามารถดำเนินการก่อสร้างได้อย่างปลอดภัย และใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. เพื่อนำผลที่ได้จากการทดสอบมาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานทั่วไปได้

1.4 . ขอบเขตของการศึกษา (Scope of the study)

1. ใช้วิธีการวิเคราะห์แบบย้อนกลับ (BACK ANALYSIS) โดยการนำข้อมูลเบื้องต้นจากการเก็บข้อมูลในสนามมาคำนวณเพื่อหาค่ากำลังการต้านทานแรงเฉือนของดิน

2. ใช้วิธีการคำนวณดังนี้

2.1 การวิเคราะห์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของดิน โดยการวิเคราะห์ย้อนกลับด้วยบุคคล (Back Analysis by Manual)

- การวิเคราะห์โดยทฤษฎีของ Simplified Bishop Method of Slice.
- การวิเคราะห์โดยทฤษฎีของ Felenius Method.
- การวิเคราะห์โดยทฤษฎีของ Taylor Method.

2.2 ตรวจสอบการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ย้อนกลับ โดยโปรแกรม

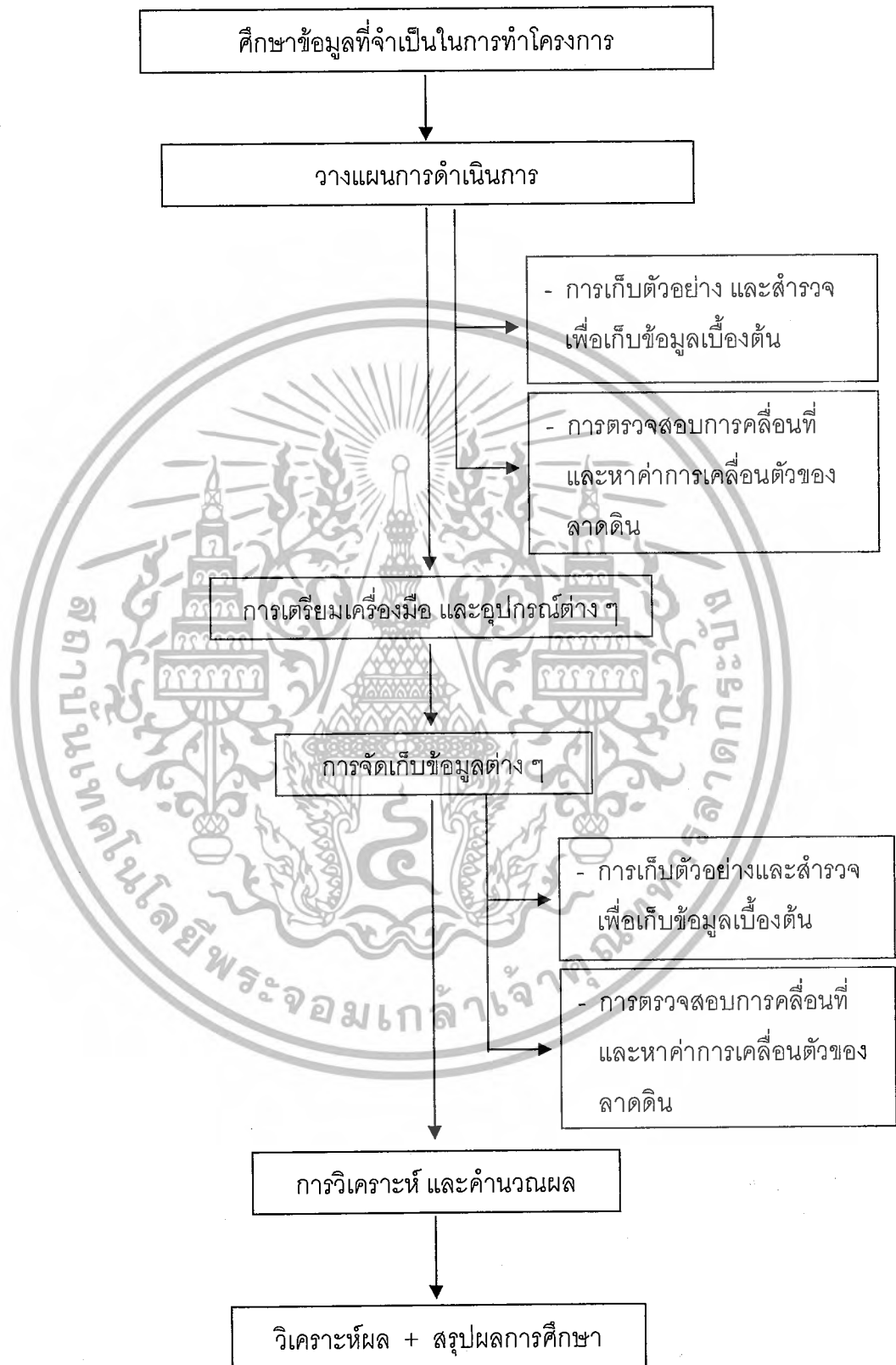
KU SLOPE

3. ทำการวิเคราะห์ลาดของดินประเภทมีความเชื่อมแน่น (Cohesive Soils)
4. ดำเนินการศึกษาในพื้นที่โครงการก่อสร้างบ่อบำบัดน้ำเสีย บริษัท ซีพีเอฟ ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด (โรงงานแปรรูปเนื้อไก่ และอาหารแปรรูป มีนบุรี กรุงเทพ ฯ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและ2องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5. วิธีการศึกษา (Process)

วิธีการศึกษาของการวิจัยนี้มีรายละเอียดและสามารถสรุปเป็นผังขั้นตอนการศึกษาได้ดังรูป



รูปที่ 1-1 วิธีการศึกษางานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. รายละเอียดผลการดำเนินงานของโครงการ

ขั้นตอนดำเนินการ	2551						2552					
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
1. ศึกษาข้อมูลการทำโครงการ	←→	←→										
2. การวางแผน และเตรียมการ	←→	←→										
3. การเตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์	←→	←→	←→									
4. การจัดเก็บข้อมูล	←→	←→	←→									
5. การคำนวณ และวิเคราะห์ย้อนกลับ			←→	←→								
6. เปรียบเทียบ และสรุปผลการศึกษา				←→	←→	←→						
7. สรุปผลการศึกษา							←→	←→				
8. ทำรายงานฉบับโครงร่าง ส่งรายงานฉบับโครงร่าง							←→	←→	←→			
9. ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์									←→	←→		

***หมายเหตุ



กิจกรรมตามแผนงาน



กิจกรรมทำได้จริง

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

(Literature review)

2.1 การรับแรงเฉือนของดิน

พฤติกรรมกรรับแรงเฉือนของดิน

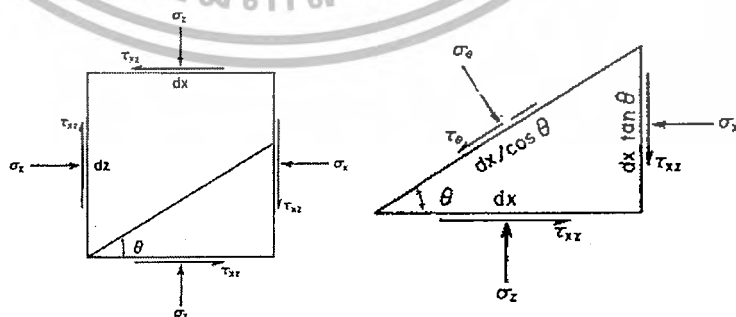
Bishop (1954) ได้ให้นิยามว่าการรับแรงเฉือนของดิน คือค่าหน่วยแรง (Shear stress) ที่มีค่าสูงสุดที่ดินจะทนทานได้

Hvorslev (1960) ได้ให้นิยามว่ากำลังรับแรงเฉือนของดินคือค่าหน่วยแรงเฉือน (Shear stress) บนระนาบการวิบัติ ในขณะที่เกิดการวิบัติ

การรับแรงเฉือนของดินเหนียวมีปัจจัยพื้นฐาน 3 ประการ

1. ค่าความเชื่อมั่นแน่น (c) ของดิน เกิดจากแรงโน้มถ่วงทางไฟฟ้า และสมบัติของน้ำที่ถูกดูดกลืนบนอนุภาคดิน
2. ความเสียดทานภายในมวลดิน เป็นแรงต้านทานระหว่างอนุภาคของมวลดิน ซึ่งขึ้นกับแรงกระทำตั้งฉากที่กระทำกับเม็ดดิน
3. ความดันน้ำ สำหรับดินเหนียวอิ่มตัว เมื่อมีแรงภายนอกกระทำน้ำที่มีอยู่เต็มในช่องว่างของดิน จะรับเอาแรงกระทำนั้นเป็นความดันชั่วขณะหนึ่ง เมื่อน้ำในช่องว่างระบายออกไป แรงจะเปลี่ยนเป็นแรงดันระหว่างอนุภาค (แรงดันประสิทธิผล) ซึ่งเป็นการเพิ่มกำลังรับแรงเฉือนให้กับมวลดิน

2.2 ทฤษฎีการวิบัติของดินโดยมอร์ – คูลอมบ์



รูปที่ 2 - 1 แสดงนิยามทฤษฎีการวิบัติของมอร์ – คูลอมบ์

ที่มา : Ladd และ Foott (1974)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและ 5 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mohr (1990) ได้เสนอทฤษฎีเพื่อที่เกี่ยวกับการแตกหักของวัสดุ โดยกล่าวว่า การวิบัติของวัสดุนั้นเกิดจากแรงสองแรงรวมกันระหว่าง หน่วยแรงตั้งฉาก (Normal stress) และหน่วยแรงเฉือน (Shear Stress) มิใช่เกิดจากหน่วยแรงตั้งฉากหรือหน่วยแรงเฉือนแรงใดแรงหนึ่งเพียงแรงเดียว ซึ่งสามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงตั้งฉากและหน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นบนระนาบพิบัติได้เป็น

$$\tau_f = \mu(\sigma)$$

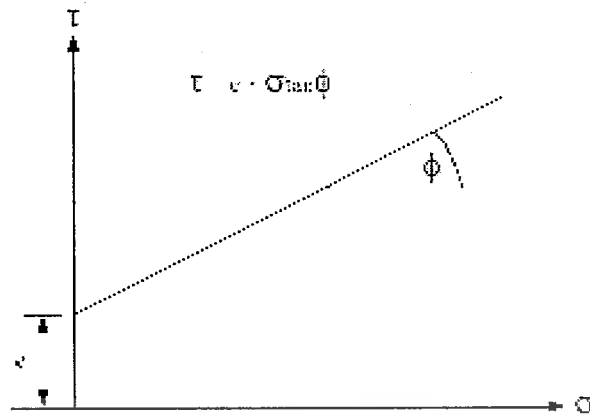
เมื่อ τ_f = หน่วยแรงเฉือน
 σ = หน่วยแรงตั้งฉาก

การวิบัติที่ได้จากสมการจะให้ค่าที่แปรเป็นสมการเส้นโค้งระหว่างหน่วยแรงตั้งฉากกับหน่วยแรงเฉือน ในปัญหาทางปฐพีกลศาสตร์เราประมาณว่าหน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นบนระนาบพิบัติแปรผันตรงกับหน่วยแรงตั้งฉาก โดยสามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการเส้นตรงได้เป็น

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

เมื่อ τ = แรงเฉือนบนระนาบพิบัติของมวลดิน (Shear Strength)
 σ = หน่วยแรงโดยตรงบนระนาบพิบัติของมวลดิน (Normal Stress)
 c = แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน (Cohesion)
 ϕ = มุมเสียดทานภายในของมวลดิน (Angle of Internal Friction)

สมการที่ได้นี้เราเรียกว่า “ ทฤษฎีการวิบัติของ มอร์- คูลอมป์ ” ซึ่งเป็นสมการที่มีความสำคัญในเรื่องกำลังของดิน เนื่องจากมวลดินแต่ละตัวอย่างจะมีค่า c และ ϕ แตกต่างกันไป ซึ่งทั้งสองค่าจะเป็นตัวบ่งบอกถึงความแข็งแรงของมวลดินนั้นๆ เรียกว่าพารามิเตอร์ความแข็งแรงเฉือน “Strength Parameters” สมการมอร์ - คูลอมป์ ให้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ของดินกับหน่วยแรงที่ตั้ง (รูปที่ 2 - 2)



รูปที่ 2-2 กราฟแสดงสมการ มอร์-คูลอมบ์
ที่มา : สุรฉัตร (2540)

2.3 กำลังเฉือนของดินเหนียว

กำลังเฉือนของดินเหนียว โดยเฉพาะอย่างยิ่งดินเหนียวอิ่มน้ำจะขึ้นกับประวัติการสะสมตัวหรือประวัติการรับน้ำหนักของดิน สำหรับดินเหนียวที่มีการสะสมตัวปกติ ที่ไม่เคยได้รับน้ำหนักเกินกว่าน้ำหนักดินสะสมตัวเหนือชั้นดินที่หาค่ากำลังเฉือนเรียกว่าดินสะสมตัวปกติ (Normally Consolidated Clay, NC) สำหรับดินที่มีประวัติการสะสมตัวและผ่านการรับน้ำหนักมาก่อน หรืออาจมีการผุกร่อนไปของดินที่สะสมตัวเหนือชั้นที่ต้องการหาค่ากำลังเฉือน เรียกดินเหนียวผ่านการรับน้ำหนัก (Over Consolidated Clay, OC) ในการหาค่ากำลังเฉือนของดิน (shear strength) นั้นจะกระทำได้ทั้งในห้องปฏิบัติการ (Laboratory) และในภาคสนาม (field Tests)

2.3.1 การทดสอบหาค่ากำลังเฉือนที่นิยมในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบหาค่ากำลังเฉือนที่นิยมในห้องปฏิบัติการมีด้วยกัน 2 วิธีการ คือ

การทดสอบแบบเฉือนตรง (Direct Shear Test)

การทดสอบกำลังเฉือนตรงใช้มาตรฐานการทดสอบ Astm D 3080 - 90, Aashtot 236 -90 จะทำการเฉือนตัวอย่างตามระนาบที่กำหนดความเค้นที่กระทำบนระนาบนี้จะเกิดจากแรงกดตั้งฉากและแรงเฉือนขนานระนาบ โดยแรงกดคงที่ตลอดการทดสอบ ส่วนแรงเฉือนจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามการเคลื่อนตัวของบล็อกตัวอย่างจนตัวอย่างเกิดการวิบัติหรือสูญเสียกำลังรับแรงเฉือน การทดสอบกำลังเฉือนตรงอาจเรียกว่าเป็นการทดสอบแบบ Plane strain เนื่องจากบล็อกทดสอบจะเป็นตัวจำกัดการวิบัติของดินให้เกิดตามระนาบเฉือนที่กำหนด (รูปที่ 2 - 3) ค่าความเค้นเฉือนสูงสุดที่เกิดขึ้นในการทดสอบนี้เรียกว่า กำลังเฉือนสุดยอด (peak shear strength) เมื่อตัวอย่างเคลื่อนออกมากำลังเฉือนจะค่อย ๆ ลดต่ำลงจนถึงระดับคงที่เรียกว่า กำลังเฉือนคงเหลือ (residual

การทดสอบโดยวิธีการอัดสามแกน (Triaxial Test)

การทดสอบหาค่ากำลังเฉือนของดินโดยวิธีการอัดสามแกน ตามมาตรฐานทดสอบ Astm D 2850-87 Astm D 4767-88 เป็นการทดสอบที่ใกล้เคียงธรรมชาติของดินมากที่สุด การทดสอบโดยวิธีการอัดสามแกนใช้ตัวอย่างทรงกระบอกที่มีสัดส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง (L/D) เท่ากับ 2 - 2.5 จะอยู่ภายใต้ภาวะความดันล้อม (σ_3) ซึ่งในการทดสอบจะเรียกว่าความดันเซลล์ และทำการเพิ่มความเค้นอัดตามแนวแกนของตัวอย่าง ($\Delta\sigma$) จนกระทั่งตัวอย่างเกิดการวิบัติเมื่อความเค้นอัดตามแนวแกนสูงสุด ($\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma$) ในการทดสอบกำลังอัดสามแกนจะทำการทดสอบตัวอย่างอย่างน้อยสามตัวอย่างภายใต้ความดันล้อมที่ต่างกัน เมื่อนำค่าความดันล้อมและความเค้นแนวแกนสูงสุดของทั้งสามตัวอย่างมาพล็อตในกราฟวงกลมของมอร์จะได้เส้นเกณฑ์กำหนดการวิบัติ พารามิเตอร์กำลังเฉือนจะเป็นไปตามสมการเชิงเส้นของกำลังเฉือนของคูลอมบ์คือ $\tau = c + \sigma \tan\phi$ การทดสอบกำลังอัดสามแกนสามารถทำการทดสอบภายใต้ภาวะของน้ำ 3 กรณี คือ ภาวะไม่มีการยุบอัดตัวไม่ระบายน้ำ (UU) ภาวะยุบอัดตัวไม่ระบายน้ำ (CU) และ ภาวะยุบอัดตัวระบายน้ำ (CD)

2.3.2 การทดสอบในสนาม

การทดสอบในสนามที่นิยมมากมีด้วยกัน สองวิธีคือ

(1) วิธี Vane Shear Test ซึ่งจะทดสอบกำลังเฉือนแบบไม่ระบายน้ำในดินเหนียวอิ่มน้ำหา Shear strength ของ Saturated clay

(2) วิธีตอกทะลวง (Penetrometer Test) จะทำได้ทั้งดินทรายและดินเหนียว โดยอาศัยค่าการทะลวงผ่านในดินแล้วใช้ empirical relationship หาค่ากำลังเฉือน การทดสอบแบบทะลวงเนื้อดินนี้มีด้วยกัน สองแบบ คือ แบบตอกทะลวงมาตรฐาน (Standard penetrotin Test, SPT) และแบบตอกทะลวงโดยโคน (Dutch Cone Penetration Test)

ตารางที่ 2 - 1 แสดงค่าความแน่นของทรายและความแข็งของดินเหนียวจากการตอกทะลวงมาตรฐาน

SPT - N (Blow/ft)	Relative Density	SPT - N (Blow/ft)	Consistency	Unconfined Compressive strength (T/m^2)
		< 2	Very soft	0 - 2.5
0 - 4	Very loose	2 - 4	Soft	2.5 - 5.0
4 - 10	Loose	4 - 8	Medium soft	5.0 - 10.0
10 - 30	Medium	8 - 15	Stiff	10.0 - 20.0
30 - 50	Dens	15 - 30	Very stiff	20.0 - 40.0
> 50	Very Dens	> 30	Hard	> 40

ที่มา : Peck, Hanson and Thornburn, 1974

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและของอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เสถียรภาพของความลาดชัน (SLOPE STABILITY)

2.4.1 ลักษณะของลาดดิน (SLOPE STABILITY) ลาดดิน (Slope) อาจจะเป็นดินลาดธรรมชาติ (Natural Slopes) หรือดินลาดจากการกระทำของมนุษย์ (Man made Slope) เช่น การขุดลาดทำถนนหรือคลองดินลาดธรรมชาติส่วนมากจะมีความ สมดุลในตัวเองอยู่แล้ว แต่บางครั้งจะมีน้ำหนักรายนอก หรือสภาพภายในที่เปลี่ยนแปลงไปที่อาจเกิดจากการรบกวนแบบต่าง ๆ หรือ อาจเกิดจากฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงทำให้ลาดธรรมชาติเกิดพังทลาย แต่ปัญหาที่พบบ่อยในทางวิศวกรรมคือ ลาดที่เกิดจากมนุษย์ เช่น ลาดที่เกิดจากการขุดดิน , การทำ Retaining Wall ,การถมทำถนน ฯลฯ ลักษณะของลาด (Slope) อาจแบ่งได้คร่าว ๆ จากลักษณะการพังทลาย คือ



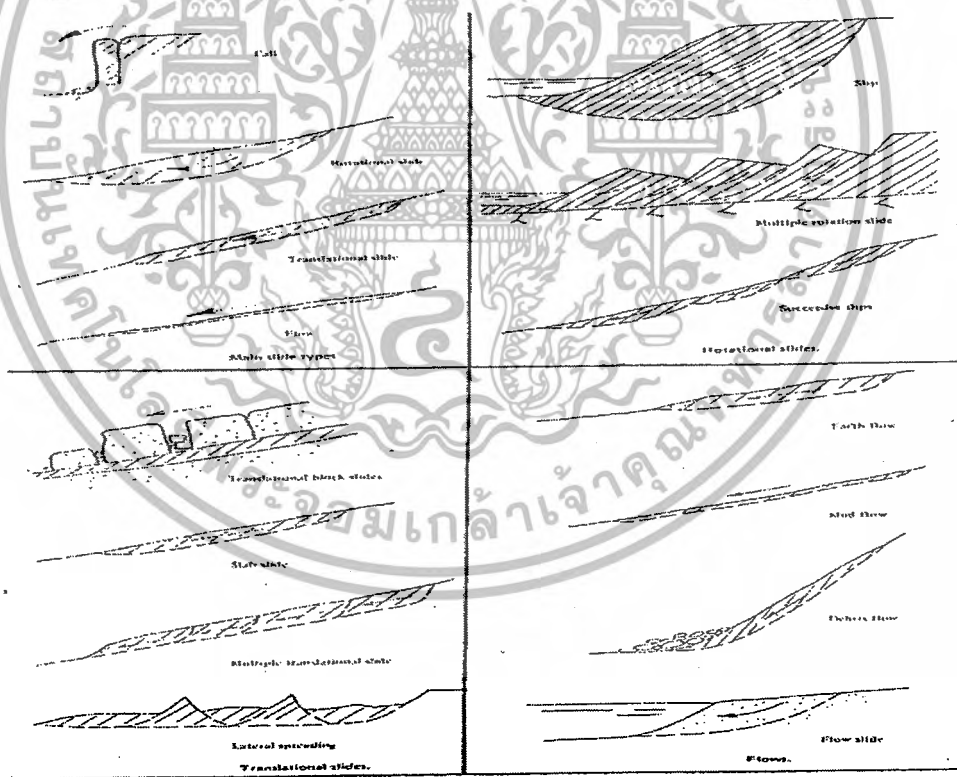
INFINITE SLOPE คือ Slope ที่เกิดการพังทลายอย่างต่อเนื่องขยายไประยะไกล ๆ ($\frac{D}{L} < 0.1$) เช่น ดินถล่มที่มักเกิดจากการไหลของน้ำ (Earth Flow) โดยจะกินพื้นที่การพังทลายที่กว้างมากแต่กินความลึกตื้น ๆ

FINITE SLOPE คือ Slope ที่เกิดการพังทลายอยู่บริเวณจำกัดใกล้ ๆ ($\frac{D}{L} > 0.15$) ส่วนมากเกิดขึ้นเป็นส่วนโค้งของวงกลม สาเหตุการพังทลายของ Slope อาจเกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลก,แรงเนื่องจากการซึมของน้ำ (Seepage of water) ,การเกิดการร่อนของผิวลาดเนื่องจากการไหลของน้ำ, การลดลงของระดับน้ำหน้าลาดดิน (Draw down effect) ,ผลจากแผ่นดินไหว ฯลฯ

2.4.2 ลักษณะของการพังทลายของลาดดินรูปแบบหรือลักษณะของการพังทลายมีส่วนสำคัญมากที่จะนำมาพิจารณาในการวิเคราะห์เพื่อเลือกใช้ทฤษฎีที่จะประยุกต์ใช้ในการคำนวณหาอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) และหาวิธีที่จะแก้ไขปรับปรุงในบริเวณนั้นๆ ให้มีความมั่นคง

วรากร ไม้เรียง (2542) ได้จำแนกรูปแบบการพังทลายอย่างง่าย ๆ โดยแบ่งการเคลื่อนพังออกเป็น 4 ประเภทดังแสดงในภาพที่ 3 คือ

- 1) การร่วงหล่น (Fall)
- 2) การเคลื่อนหมุน (Rotational Slides) ลักษณะการพังทลายมักเกิดกับดินเนื้อเดียว (Homogeneous soil) และในสภาพของงานคันดินหรือดินถมบนชั้นดินอ่อน หรือเกิดกับคันดินที่วางบนดินอ่อน เมื่อมีการลดระดับของน้ำในลำคลอง หรือแม่น้ำ
- 3) การเคลื่อนแนวระนาบ (Translational Slides)
- 4) การเลื่อนไหล (Flows)

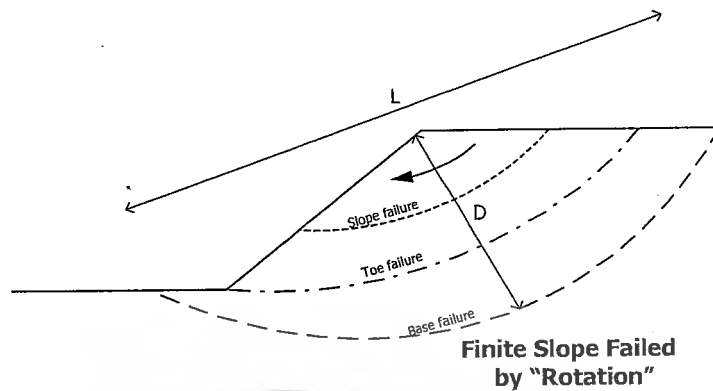


รูปที่ 2-5 ลักษณะการพังทลายของลาดดินและหินแบบต่าง ๆ

ที่มา : วรากร (2542)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 ชนิดของการวิบัติ (Type of failures) การพังทลาย แบ่งออกเป็น 3 แบบ



รูปที่ 2-6 ชนิดของการวิบัติของลาดดินและหินแบบต่าง ๆ

ที่มา : วรากร (2542)

1) การวิบัติที่ผิวความลาด (Face Failure) คือ การวิบัติที่ผิวดินเกิดความลาดเกิดจากผิววัสดุเกิดการพังทลายของวัสดุเองเนื่องจาก Slope มากเกินไป มักเป็นพวก Granular Soil สามารถแก้ไขโดยการลดความลาดให้น้อยลง

2) การวิบัติปลายฐานลาด (Toe Failure) คือ การพังทลายตรงส่วนที่ปลายฐานด้านล่างของความลาดตลิ่ง มีสาเหตุจากดินเหนียวเป็นดินอ่อนและส่วนล่างแข็ง จะเกิดกับพวกดินเหนียว (Cohesive Soil) เป็นดินที่มีค่ากำลังรับแรงเฉือน (Shear Strength) ต่ำ สามารถแก้ไขโดยการลด Surcharge load ที่ผิวบนออก เช่น ทำเป็นชั้นบันได หรือเปลี่ยนวัสดุดินถมใหม่เป็นพวกทรายเพื่อต้องการให้น้ำระบายได้สะดวก

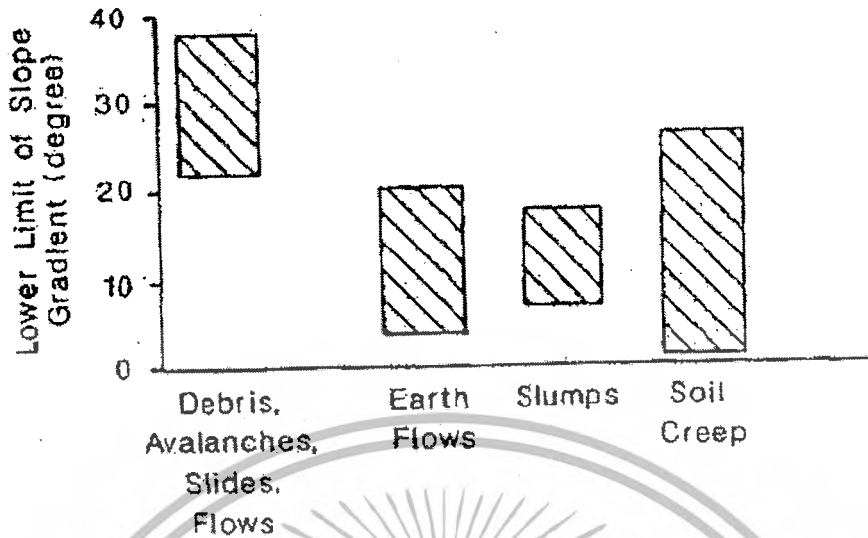
3) การวิบัติที่ฐานชั้นดินล่างของความลาด (Base Failure) คือ การพังทลายที่ดินใต้ความลาดของตลิ่ง การวิบัติที่ฐานชั้นดินล่างของความลาด เกิดจากดินชั้นบนมีความแข็งแรงกว่าดินด้านล่าง ซึ่งเป็นดินที่อ่อนกว่า แล้วเกิดการพังทลายเนื่องจากค่ากำลังรับแรงเฉือนต่ำ การแก้ไขสามารถทำได้โดยเพิ่มค่ากำลังรับแรงเฉือน (Shear Strength) ในดิน เช่น โดยการตอกเสาเข็มมารับแรงเฉือน หรือลด Surcharge Load หมายถึง ลดดินถมบนตลิ่งออก เพื่อให้เกิดแรงกดน้อยลง

2.4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการวิบัติของลาดดิน

1. สภาพอากาศ โดยอากาศที่มีผลต่อการวิบัติมากที่สุด คือสภาพฝนตก
2. ความลาดชัน โดยทั่วไปมักพบว่าที่ที่มีความลาดชันมากมีแนวโน้ม

เกิดการวิบัติมากกว่า นอกจากนี้ Sidle และคณะ (1985) ได้มีการวิจัยกำหนดค่าต่ำสุดของความลาดชันที่จะทำให้เกิดการวิบัติแบบต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและ 12 อย่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-7 แสดงค่าความชันต่ำสุดของการเกิดแต่ละรูปแบบการวิบัติ
ที่มา : Sidle และคณะ (1985)

2.4.5 สาเหตุของการวิบัติของลาดดิน

- 1.) น้ำหนักดินเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity Force of Soil Mass)
- 2.) แรงกระทำภายนอก (External Loads)
- 3.) แรงดันน้ำในมวลดิน (Pore Water Pressure in Soil Mass)
- 4.) การสูญเสียกำลังของดิน (Loss of Soil Strength)
- 5.) การผุพัง การกัดกร่อนเนื่องจากน้ำ และลม (Weathering and Erosion from Water off)

from Water off)

การวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดเอียง (Slope Stability Analysis) สิ่งที่ต้องพิจารณาในการประเมินเสถียรภาพความลาดดิน ,สมหวัง (2550)

1. ลักษณะเนื้อดิน (Ground Investigation)
2. ค้นหาหระนาบที่คาดว่าจะพังมากที่สุด (Most Critical Slip Surface) ในดินที่มีเนื้อสม่ำเสมอที่ไม่มีผลกระทบจากรอยเลื่อน (Faults) หรือชั้นดิน (Bedding) มีชั้นพิวระนาบโค้งที่จะวิบัติอยู่ลึกก็จะมีแนวโน้มวิบัติและรูปโค้งในลักษณะหมุนการทดลองวงกลมแห่งการหมุน (Trial Circles) อาจทำได้โดยวิธี

- ใช้วงกลมที่มีรัศมีแตกต่างกัน ที่จุดศูนย์กลางเดียวกันในการหมุน แล้วพล็อตหาแฟกเตอร์ความปลอดภัย (FS) ในแต่ละวงกลม แล้วหาจุดที่ FS ต่ำสุด
- วิธีการนี้จะต้องทดลองหลาย ๆ วงกลม โดยการวางกริดเป็นจุดศูนย์กลางวงกลม แล้วคำนวณ
- ในแต่ละจุดศูนย์กลางก็จะหา FS ต่ำสุด
- ดูทุก FS ต่ำสุด ทั้งชั้นความลาดเอียงเล็ก ๆ และดูความลาดเอียงทั้งหมด

3. รอยแตกจากแรงดึง (Tension Cracks)
4. แฟกเตอร์ความปลอดภัย (Factor of Safety)
5. เสถียรภาพความลาดเอียง (Long and Short-Term Stability)
6. กำลังความแข็งแรง (Effective or Total Stress parameter)
7. การวิบัติที่กำลังเคลื่อนอยู่ (Progressive Failure)
8. พื้นผิววิบัติที่กำลังจะเคลื่อน (Pre Existing Failure Surfaces)

2.4.6 การประมาณค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของ Taylor

Taylor (1967) กล่าวว่า สามารถประมาณค่าอัตราส่วนความปลอดภัย เสถียรภาพความลาดของดินอ่อนที่เป็นชนิดเดียวกันทั้งหมด ในกรณี Undrained Condition หรือ $\phi = 0$ โดยใช้ค่า Stability Number บนสมมติฐานการเคลื่อนวิบัติเป็นส่วนโค้งของวงกลม ต่อมา Terzaghi and Peck (1970) ได้นำ ทฤษฎีของ Taylor (1967) มาเป็นพื้นฐานในการจัดรูปแบบใหม่เพื่อให้ใช้งาน ได้สะดวกขึ้น โดยเลือกใช้ค่า Stability Number ที่เป็นส่วนกลับกับทฤษฎีของ Taylor (1967) โดย Terzaghi and Peck (1970) ได้สรุปเป็นสมการ ดังต่อไปนี้

$$N_s = \gamma \frac{H_c}{S_u}$$

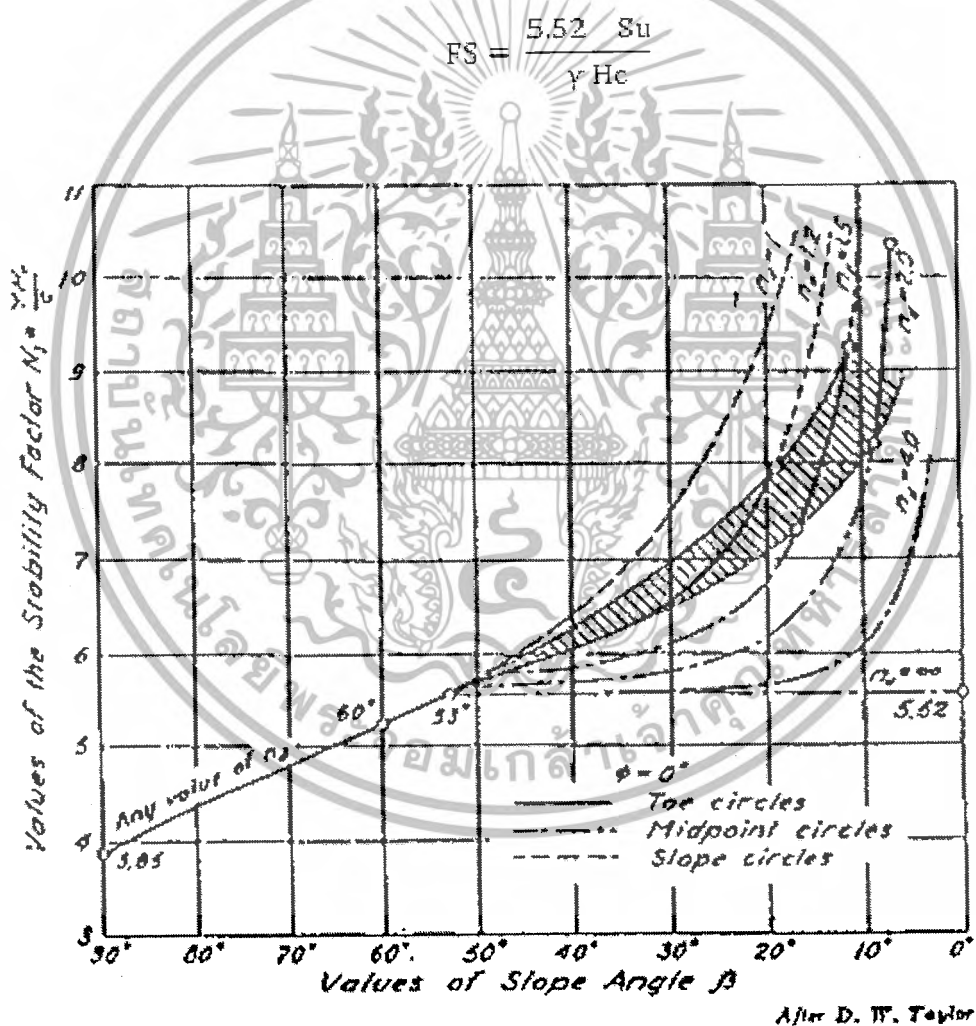
เมื่อ	N_s	=	ค่า Stability Number
	γ	=	ค่าหน่วยน้ำหนักของดิน
	H_c	=	ความสูง (Critical Height)
	S_u	=	ค่าการเชื่อมแน่นของดินเหนียวอ่อนกรณีไม่

ระบายน้ำ

ดังนั้น เราจึงสามารถประมาณค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเสถียรภาพความชันของดินเหนียวอ่อนได้จากสมการ

$$FS = \frac{N_s Su}{\gamma Hc}$$

Terzaghi and Peck (1970) ใช้ความสัมพันธ์ของมุมความชันด้านข้างและค่าอัตราส่วนระหว่างผลรวมของความสูงกับความลึกชั้นดินอ่อนต่อความสูงซึ่งเราเรียกว่า Depth Factor (N_d) ในการหาค่า Stability Number (N_s) โดยสรุปเป็นกราฟในภาพที่ 1 - 11 และในกรณีที่ดินเหนียวมีความลึกมาก (ค่า N_d มีค่าสูงมาก) และในที่นี้ความชันด้านข้างมีค่าไม่เกิน 30 องศา จะได้ค่า N_s เท่ากับ 5.52 เมื่อนำไปแทนในสมการที่ได้สมการในการหาค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของเสถียรภาพความชัน



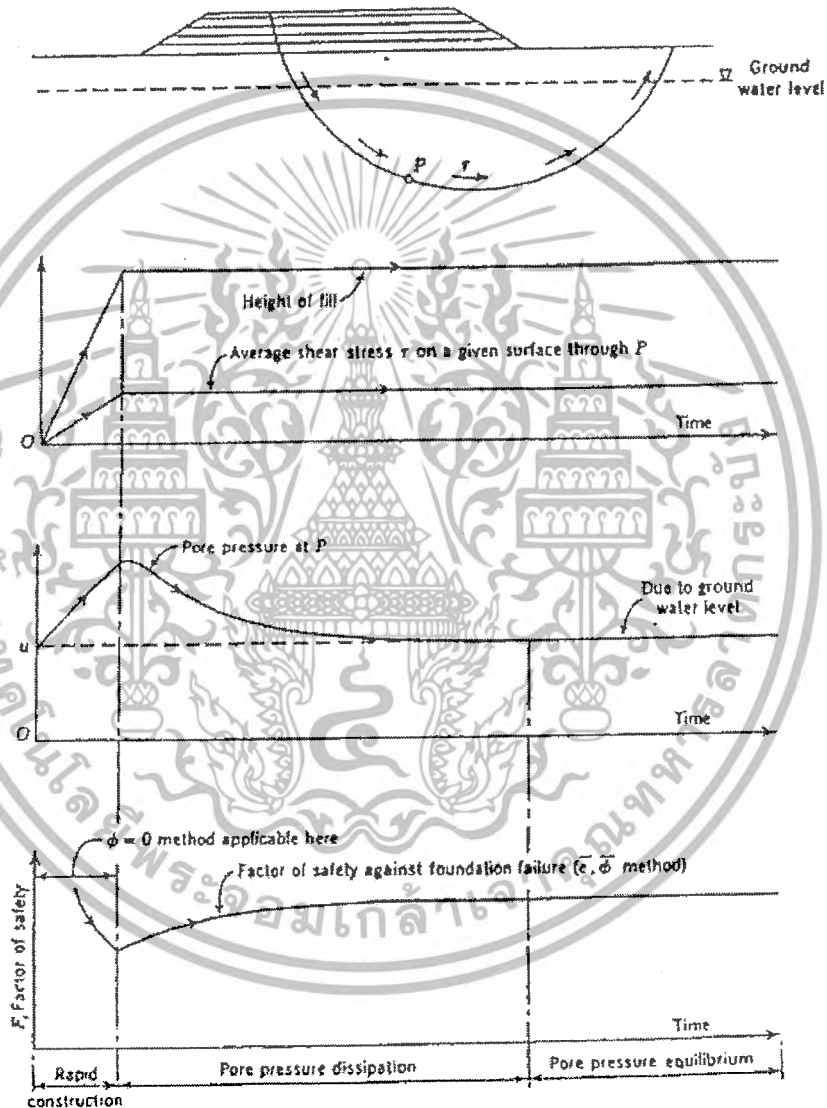
รูปที่ 2 - 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Stability Number (N_s), มุมของด้านข้างของ (β) และค่า Depth Factor (N_d)

ที่มา : Terzaghi and Peck (1970)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของดินเหนียวอ่อน

Bishop and Bjerrum (1960) ได้อธิบายถึงพฤติกรรมของดินเหนียวอ่อนที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ว่าค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเสถียรภาพความลาดมีค่าต่ำสุดในช่วงของการวิเคราะห์ โดยใช้ค่าความแข็งแรงของดินในกรณีไม่ระบายน้ำของดินเหนียวอ่อน ซึ่งใช้ค่ามุมความเสียดทานในมวลดินเท่ากับศูนย์



รูปที่ 2-9 แสดงความสัมพันธ์ของค่าปัจจัยต่างๆ และเวลาโดย Bishop and Bjerrum

ที่มา : Lambe and Whitman (1979)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและโลโก้อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5. ทฤษฎีการวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของเสถียรภาพความลาด

ทฤษฎีของ Fellenius Method of Slice

Fellenius (1936) ให้สมมติฐานว่าแรงกระทำ ด้านข้างของ Slice มีผลลัพท์ เป็นศูนย์ในทิศทางตั้งฉากกับส่วนระนาบของการวิบัตินั้นๆ ซึ่งทำ ให้เกิดสมการค่าอัตราส่วน ความปลอดภัยความลาดดังแสดงในสมการ

$$FS = \frac{cL + \tan \phi \sum_{i=1}^n (W_i \cos \theta_i - u_i \Delta l_i)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \theta_i}$$



รูปที่ 2-10 แสดงแรงกระทำ ต่อ Slice สำหรับทฤษฎี Fellenius Method

ที่มา : Lambe and Whitman (1979)

พิจารณา แนวตั้งฉากกับระนาบพังทลาย

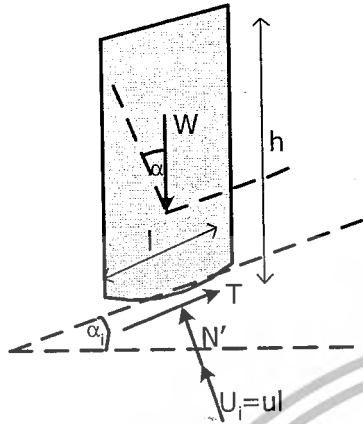
$$\sum F = 0 ; W \cos \alpha = N' + U$$

$$N' = W \cos \alpha - ul$$

จาก $F = \frac{\text{แรงต้านการไถล}}{\text{แรงผลักดันออก}}$

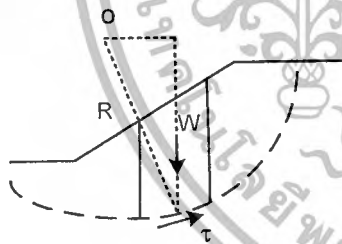
$$F = \frac{T}{W \sin \alpha}$$

$$F = \frac{C'l + N' \tan \phi'}{W \sin \alpha}$$



จากรูปเป็น Force ต่อยาวท
งกว้าง l หน่วย

พิจารณาโมเมนต์สมดุลรอบจุดศูนย์กลางของวงกลม O ของผลรวมทุก ๆ Slice



$$F.S._{total} = \frac{\sum(C'l + N' \tan \phi' \times R)}{\sum W \sin \alpha \times R}$$

$$F.S. = \frac{\sum(C'l + (W \cos \alpha - ul) \tan \phi')}{\sum W \sin \alpha}$$

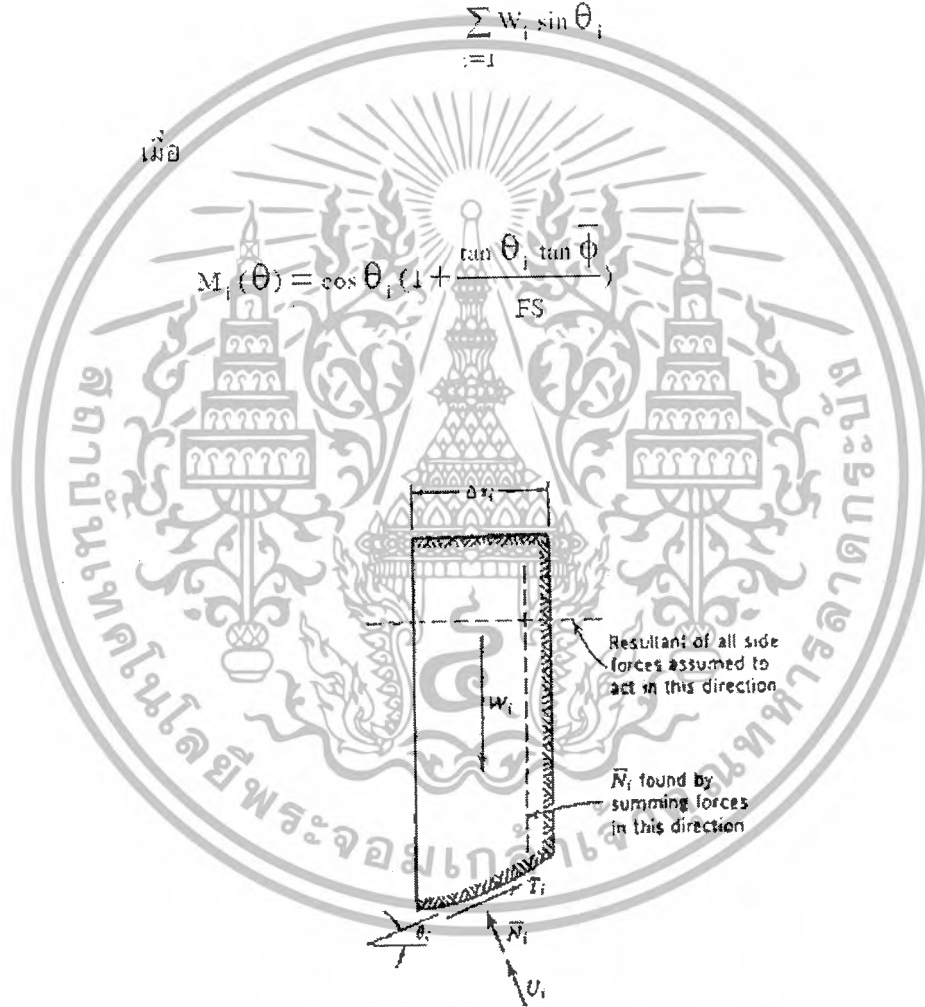
ทฤษฎีของ Simplified Bishop Method of Slice

Bishop (1955) เสนอวิธีการหาเสถียรภาพของความลาดชัน โดยให้คำนึงถึงแรงกระทำด้านข้างของชิ้นส่วน และให้ผลรวมของแรงกระทำ ด้านข้างของดินมีผลลัพธ์เป็นศูนย์ ทำให้ได้สมการค่าอัตราส่วนความปลอดภัยใหม่

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [c \Delta s_i + (W_i - u_i \Delta x_i) \tan \bar{\phi}] \frac{1}{M_i(\theta)}}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i}$$

เมื่อ

$$M_i(\theta) = \cos \theta_i \left(1 + \frac{\tan \theta_i \tan \bar{\phi}}{FS} \right)$$

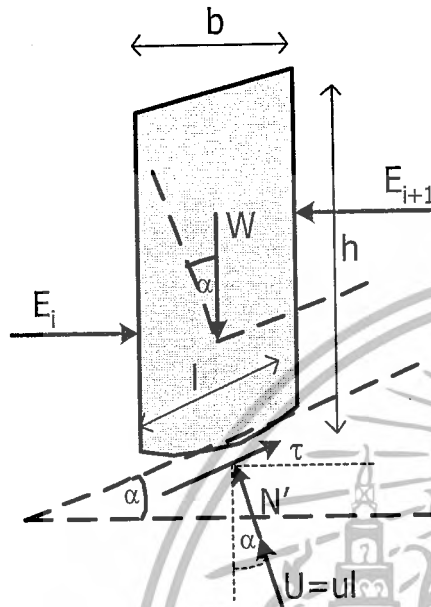


รูปที่ 2 - 11 แรงกระทำ ต่อ Slice สำหรับทฤษฎี Simplified Bishop Method of Slice

ที่มา : Lambe and Whitman (1979)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและ19อย่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีของ Bishop จะพิจารณาแรงที่กระทำต้งจากกับผิวแนวตั้งแต่ละ Slices , E แต่ละแรง
เฉือนของผิวนี้ (X) ไม่คำนึงถึงที่ Slices I ใด ๆ



จากรูปเป็น Force ต่อยาวทางกว้าง
1 หน่วย

พิจารณาสมคูลย์ของโมเมนต์รอบจุดศูนย์กลางวงกลม 0 ของผลรวมทุก ๆ Slice

$$F_{total} = \frac{\sum(C'l + N'\tan\phi' \times R)}{\sum W \sin\alpha \times R}$$

แทนค่า (1) ใน (2)

$$F = \frac{1}{\sum w \sin\alpha} \sum \frac{1}{m_\alpha} [c'l \cos\alpha + (W - ul \cos\alpha) \tan\phi']$$

$$m_\alpha = \cos\alpha \left[1 + \frac{\tan\phi' \tan\alpha}{F} \right]$$

เนื่องจากไม่คำนึงถึงแรง X จึง

พิจารณาสมคูลย์ของแรงในแนวตั้ง

$$W - (N'\cos\alpha + ul\cos\alpha + T\sin\alpha) = 0$$

แรงด้าน T เมื่อคำนึงถึงค่า F.S. ควรเท่ากับ

$$T = \frac{(cl + N'\tan\phi')}{F}$$

$$W - (N'\cos\alpha + ul\cos\alpha + \frac{1}{F}(cl + N'\tan\phi')\sin\alpha) = 0$$

$$N' = \frac{w - l(u\cos\alpha + \frac{c}{F}\sin\alpha)}{\cos\alpha + \frac{\tan\phi' \sin\alpha}{F}}$$

Whitman and Bailey (1967) ได้เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความปลอดภัย

ระหว่างทฤษฎี Ordinary Method of Slice และทฤษฎี Simplified Bishop พบว่าทฤษฎี Ordinary Method of Slice จะให้ค่าที่ต่างจากความเป็นจริงไปประมาณ 10 - 15 % และบางครั้งความผิดพลาดที่เกิดขึ้น อาจสูงกว่านั้นก็ได้ ส่วนความคลาดเคลื่อนของ Simplified Bishop จะมีค่าความผิดพลาดสูงสุดไม่เกิน 10 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาระใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและ 20 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Whitman and Bailey (1967) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่คำนวณได้จากวิธีการต่าง ๆ สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่คำนวณได้โดยทฤษฎี Junbu 's Generalized Procedure of Slice และ Morgenstern and Price's Method มีค่าใกล้เคียงกัน
2. ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่คำนวณโดยทฤษฎี Simplified Bishop Method of Slice เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการที่รวมสภาวะสมดุลทั้งหมดคือทฤษฎี Junbu 's Generalized Procedure of Slices และ Morgenstern and Price 's Method พบว่า ให้ค่าที่แตกต่างกันประมาณ 0- 6 %
3. ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่คำนวณโดยทฤษฎี Ordinary Method of Slice จะมีค่าน้อยกว่าค่าที่คำนวณได้จากวิธีอื่น ๆ

2.6 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพความลาด

ในการวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดของคันทางเพื่อหาค่าอัตราส่วนความปลอดภัย ค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินเป็นองค์ประกอบที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์เป็นอย่างมาก ในการวิจัยจะใช้ค่ากำลังรับแรงเฉือนของชั้นดินฐานรากเป็นแบบไม่ระบายน้ำ (S_u) โดยได้จากการทดสอบ Vane Shear Test ซึ่งได้คิดค้นโดย Swedish Geotechnical Institute มีรูปร่างทั่วไปตามภาพที่ 2-12 การทดสอบจะทำการ กดใบเวน ลงไปถึงระดับที่ต้องการทราบค่ากำลังรับแรงเฉือนแล้วหมุนด้วยแรงบิด (Torque) จนดินที่อยู่รอบ ๆ ใบเวนเกิดการพิบัติก็นำค่าแรงบิดสูงสุดไปคำนวณค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำจากสมการ

$$S_u FV = \frac{2T}{\pi d^3 \left(\frac{h}{d} + \frac{a}{2} \right)}$$

เมื่อ	$S_u FV$	=	กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำในสนาม
	T	=	ขนาดแรงบิดสูงสุด
	d	=	เส้นผ่านศูนย์กลางของใบเวน
	h	=	ความสูงของใบเวน
	a	=	ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับกระจายของหน่วยแรงเฉือนที่ส่วนบน

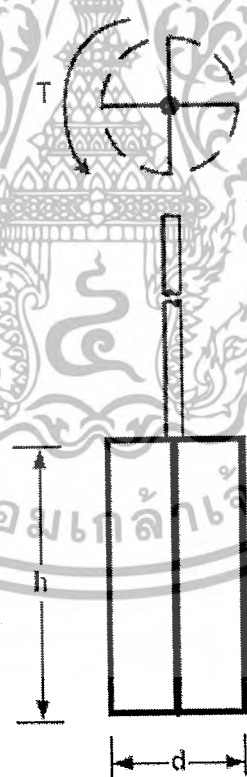
และส่วนล่างของระนาบพิบัติเป็นรูปทรงกระบอก

Bjerrum (1972) กล่าวว่าค่า S_uFV ในดินเหนียวที่มีค่า Plasticity Index (PI) สูงกว่า 20 % จะมีค่าที่สูงเกินไปที่จะใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาด้านเสถียรภาพความลาด จึงได้เสนอตัวปรับแก้ μ โดย S_u สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$S_u = \mu \cdot S_uFV$$

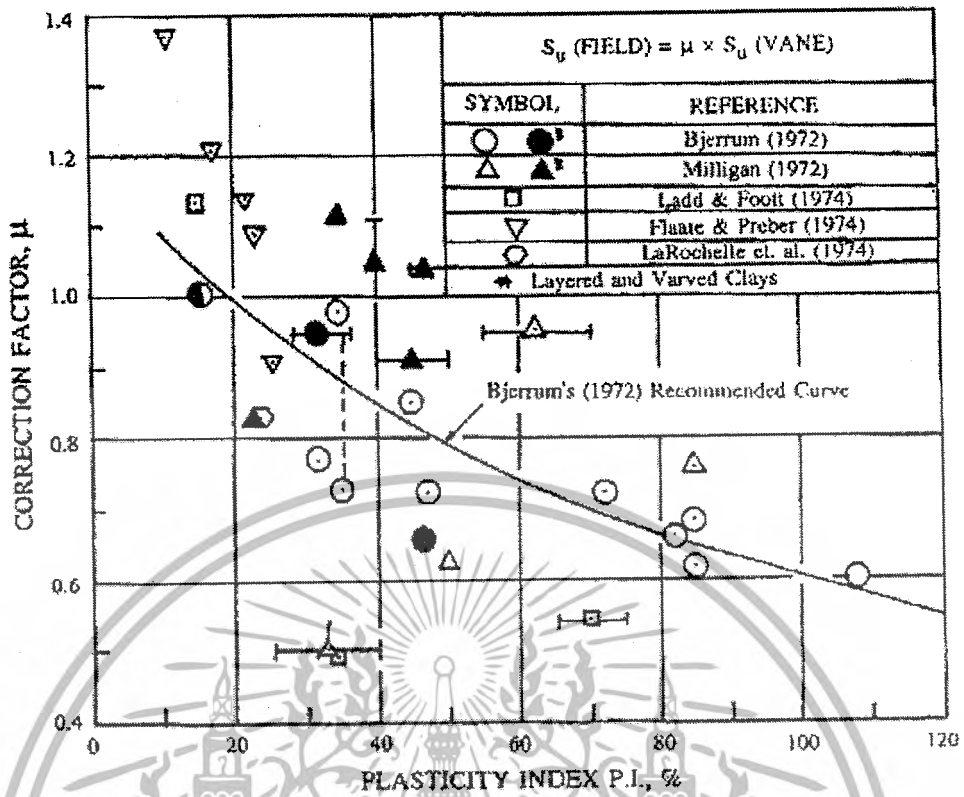
Eide and Holmberg (1972) ได้ทำการทดสอบในสนามแบบ Geonor Vane ของดิน กรุงเทพฯ พบว่าค่า μ จะอยู่ระหว่าง 0.70 - 0.85

การทดสอบ Vane Test ในสนามนั้น สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาอย่างมากคืออัตราการหมุนของใบเวนควรอยู่ในช่วง 6 - 12 องศาต่อนาที แต่อย่างไรก็ตามค่ากำลังรับแรงเฉือนที่อยู่เหนือผิวของใบเวนนั้นอาจจะแตกต่างไปจากค่าที่ได้จากบริเวณด้านข้างของใบเวน ซึ่งเป็นผลมาจากปรากฏการณ์ Anisotropy นอกจากนี้การทดสอบ Vane Test จะเหมาะสมก็เฉพาะกับดินเหนียวอ่อนเท่านั้น โดยทั่วไปจะใช้การทดสอบ Vane Test กับดินเหนียวอ่อนที่มีกำลังรับแรงเฉือนน้อยกว่า 10 ตันต่อตารางเมตร



รูปที่ 2-12 แสดงแบบจำลองของ Vane Shear Test

ที่มา : Eide and Holmberg (1972)

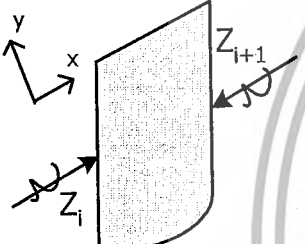
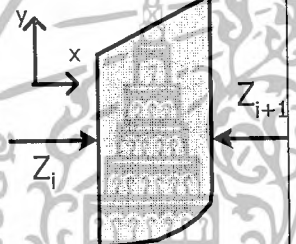
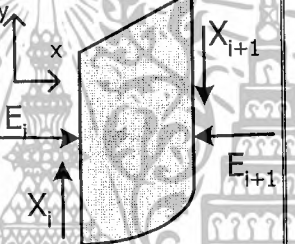
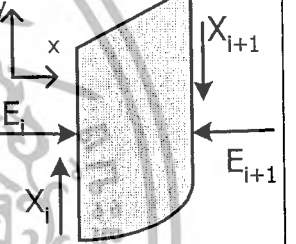
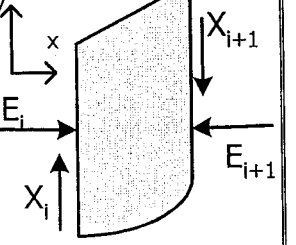


รูปที่ 2-13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Plasticity Index กับตัวคูณปรับแก้ (μ)
ที่มา: สุรฉัตร (2540)

ในการวิเคราะห์ Slope Stability ของ Finite Slope จะมีการเลือกใช้ทั้ง ฐานะทางทฤษฎีที่เป็นส่วนหนึ่งของวงกลม (Circular Slips) และแบบไม่เป็นส่วนของวงกลม (non-circular slips) การใช้ Circular Slips เป็นที่นิยมมากกว่าเนื่องจากทำการคำนวณได้สะดวกและมีความผิดพลาดไม่มากยอมรับได้ ส่วน non-circular slips ควรจะกำหนดให้ใช้ในกรณีที่สามารถเห็นหรือทราบลักษณะการวางตัวของรอยเลื่อนที่เกิดสไลด์ หรือ มีการพังทลายในระดับตื้น ๆ หลักการวิเคราะห์โดยวิธี Principle of Slices จะต้องแก้ปัญหาของสมการสมดุลดังนี้

- Fore equilibrium of single slice (สมดุลของแรงภายในชั้นแนวตั้ง)
- Moment equilibrium of single slice (สมดุลของ โมเมนต์ภายในชั้นแนวตั้ง)
- Fore equilibrium of total mass (สมดุลของแรงของชั้นแนวตั้งทั้งหมด)
- Moment equilibrium of total mass (สมดุลของ โมเมนต์ของชั้นแนวตั้งทั้งหมด)

ตารางที่ 2-2 แสดงการเปรียบเทียบวิเคราะห์ Finite Slope แบบต่างๆ

	PELLENIUS, METHOD	BISHOP 'S METHOD	SPENCER 'S METHOD	JANBU 'S METHOD	MORGANTERN 'S METHOD
PERIOD	LONG - TERM ANALYSIS (EFFECTIVE STRESS ANALYSIS)				
Shape of failure		CIRCULAR		NON-CIRCULAR	
ASSUMPTION FOR INTERSLICE FORCE	 Over-determinate	 Over-determinate	 Over-determinate	 Determinate	 Determinate
BASIC EQUATION	$Z_i = Z_{i+1}$ $\sum F_{slice, x} = 0$ $\sum M_{total} = 0$	$Z_i = Z_{i+1}$ $\sum F_{slice, y} = 0$ $\sum M_{total} = 0$	$X/E = \text{constant}$ $\sum F_{slice, x and y} = 0$ $\sum M_{total} = 0$	X uses correction factor $\sum F_{slice}$ $\sum M_{total}$	$f(x) = \frac{1}{\lambda} \frac{x}{E}$ $\sum F_{slice, x and y} = 0$ $\sum M_{total} = 0$
ERROR F.S.	UNDER ESTIMATION $\approx 5 - 20\%$	Under estimation about 2-7%		$\approx 5\%$	$\approx 5\%$ (ONLY FOR COMPUTER CALCULATION)
การนำไปใช้	<ul style="list-style-type: none"> - มีความคลาดเคลื่อนสูง - ไม่ประหยัด - ไม่เหมาะสมกับ Circle ที่ ลึก (α มีค่าสูง) 	<ul style="list-style-type: none"> - เป็นที่นิยมใช้ เนื่องจากมีความคลาดเคลื่อนต่ำ และสามารถคำนวณด้วยมือได้ - Error มากในกรณีที่ circular failure อยู่ลึก 	<ul style="list-style-type: none"> - เช่นเดียวกับวิธี Bishop 	<ul style="list-style-type: none"> - เหมาะสมในการคำนวณด้วยมือ - เหมาะในการใช้เมื่อทราบรูปแบบของผิวพังทลายที่ไม่ใช่วงกลมในสนามแล้ว 	<ul style="list-style-type: none"> - ไม่เหมาะสมกับการคำนวณด้วยมือควรใช้ Computer เข้าช่วย - เสียเวลาในการคำนวณมากกว่า

บทที่ 3

อุปกรณ์และการดำเนินงาน (Material and Method)

แผนการดำเนินงาน (Planning)

ในการการประมาณค่าคุณสมบัติการต้านทานแรงเฉือนของลาดดิน โดยการวิเคราะห์ย้อนกลับจะดำเนินการตั้งแต่เดือน กรกฎาคม พ.ศ.2551 จนถึงเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2552 ใช้เวลาทั้งหมด 32 สัปดาห์ โดยแบ่งการทำงานเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

3.1 การศึกษาข้อมูลที่ใช้ในการทำโครงการ

การเก็บรวบรวมข้อมูลที่จะใช้ในการดำเนินการโครงการจะเป็นการดำเนินการขั้นแรกที่จะต้องทำ เพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ขอบเขตที่ต้องการศึกษาได้ โดยข้อมูลที่ต้องการศึกษารวบรวมข้อมูลปัจจัย และโปรแกรมต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน (ใช้เวลา 4 สัปดาห์)

3.2 วางแผนการดำเนินการ และแผนการเก็บข้อมูลในสนาม

1. รวบรวมข้อมูลด้านภูมิประเทศ (ใช้เวลา 1 สัปดาห์)
 - สำรวจพื้นที่ในภูมิประเทศ และรูปแบบการวิบัติของดินในพื้นที่
 - ข้อมูลเกี่ยวกับภูมิประเทศ ค่าระดับสูง ค่าความลาดชัน
2. แผนการเก็บตัวอย่าง และสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลทางธรณีวิทยาในพื้นที่ปฏิบัติงาน (ใช้เวลา 1 สัปดาห์)
3. แผนการดำเนินการตรวจสอบการเคลื่อนที่ และหาค่าอัตราการผลิตตัวของลาดดิน (ใช้เวลา 1 สัปดาห์)

3.3 เตรียมเครื่องมือ, อุปกรณ์

ทำการเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำการทดลอง ตลอดจนโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ (ใช้เวลา 3 สัปดาห์)

อุปกรณ์ที่ใช้

- โปรแกรม KU SLOPE

3.4 การจัดเก็บข้อมูลในภูมิภาค

1. ข้อมูลด้านภูมิภาค (ใช้เวลา 2 สัปดาห์)

- สำรวจพื้นที่ในภูมิภาค และรูปแบบการวิบัติของดินในพื้นที่
- ข้อมูลภูมิภาค ค่าระดับสูง และค่าความลาดชันของลาดดิน รวมทั้งดำเนินการวิเคราะห์ และเขียนผังบริเวณพื้นที่ศึกษา

2. การเก็บตัวอย่าง และสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลทางธรณีวิทยาในพื้นที่ปฏิบัติงาน (ใช้เวลา 2 สัปดาห์)

3. ดำเนินการตรวจสอบการเคลื่อนที่ และหาค่าอัตราการเคลื่อนตัวของลาดดิน (เดือนละ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 2 เดือน)

3.5 การวิเคราะห์และคำนวณผลโดยการคำนวณย้อนกลับ (Back Analysis)

การวิเคราะห์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของดินโดยการวิเคราะห์ย้อนกลับ (ใช้เวลา 2 สัปดาห์)

- การวิเคราะห์โดยทฤษฎีของ Simplified Bishop Method of Slice.
- การวิเคราะห์โดยทฤษฎีของ Felenius Method.
- การวิเคราะห์โดยทฤษฎีของ Taylor Method.

3.6 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณย้อนกลับ (Back Analysis)

โดยการนำผลที่ได้จากการคำนวณย้อนกลับ โดยวิธีต่าง ๆ มาเปรียบเทียบค่าที่ได้เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของผลที่ได้แต่ละวิธี เพื่อประยุกต์ใช้ในการประมาณหาค่าคุณสมบัติของดินเบื้องต้นต่อไป (ใช้เวลา 4 สัปดาห์)

3.7 การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการศึกษา

นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลการศึกษา (ใช้เวลา 4 สัปดาห์)

3.8 จัดทำรายงานผลการศึกษา

จัดทำรายงานผลการวิเคราะห์ต่าง ๆ เพื่อจัดทำรูปเล่มเพื่อการนำเสนอต่อ
อาจารย์ที่ปรึกษาต่อไป



บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิเคราะห์

(RESULT AND ANALYSIS)

4.1 ที่ตั้งพื้นที่ที่ปฏิบัติงาน

ที่ตั้งพื้นที่ที่ดำเนินการศึกษาการวิบัติของลาดดิน โครงการก่อสร้างระบบ
บำบัดน้ำเสีย บริษัท ซี พี เอฟ ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด เลขที่ 48 หมู่ที่ 9 ถนนสุวินทวงศ์ แขวง
แสนแสบ เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร

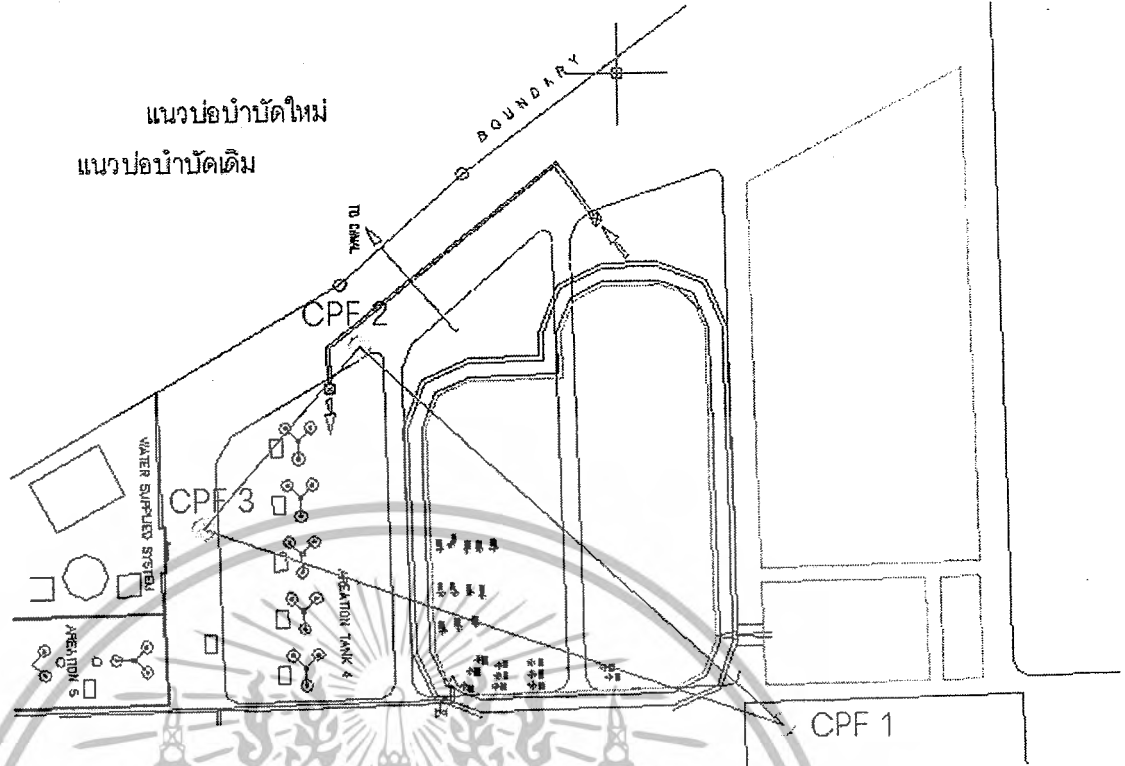


รูปที่ 4 - 1 แสดงแผนที่ที่ตั้งบริเวณพื้นที่ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและ²⁸ของอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แนวบ่อน้ำบาดาลใหม่
แนวบ่อน้ำบาดาลเดิม



รูปที่ 4-2 แสดงบริเวณพื้นที่ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและของอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 คุณสมบัติลักษณะชั้นดิน และข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

ลักษณะชั้นดินของบริเวณพื้นที่โครงการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย บริษัท ซี พี เอฟ ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด (มีนบุรี กรุงเทพฯ)

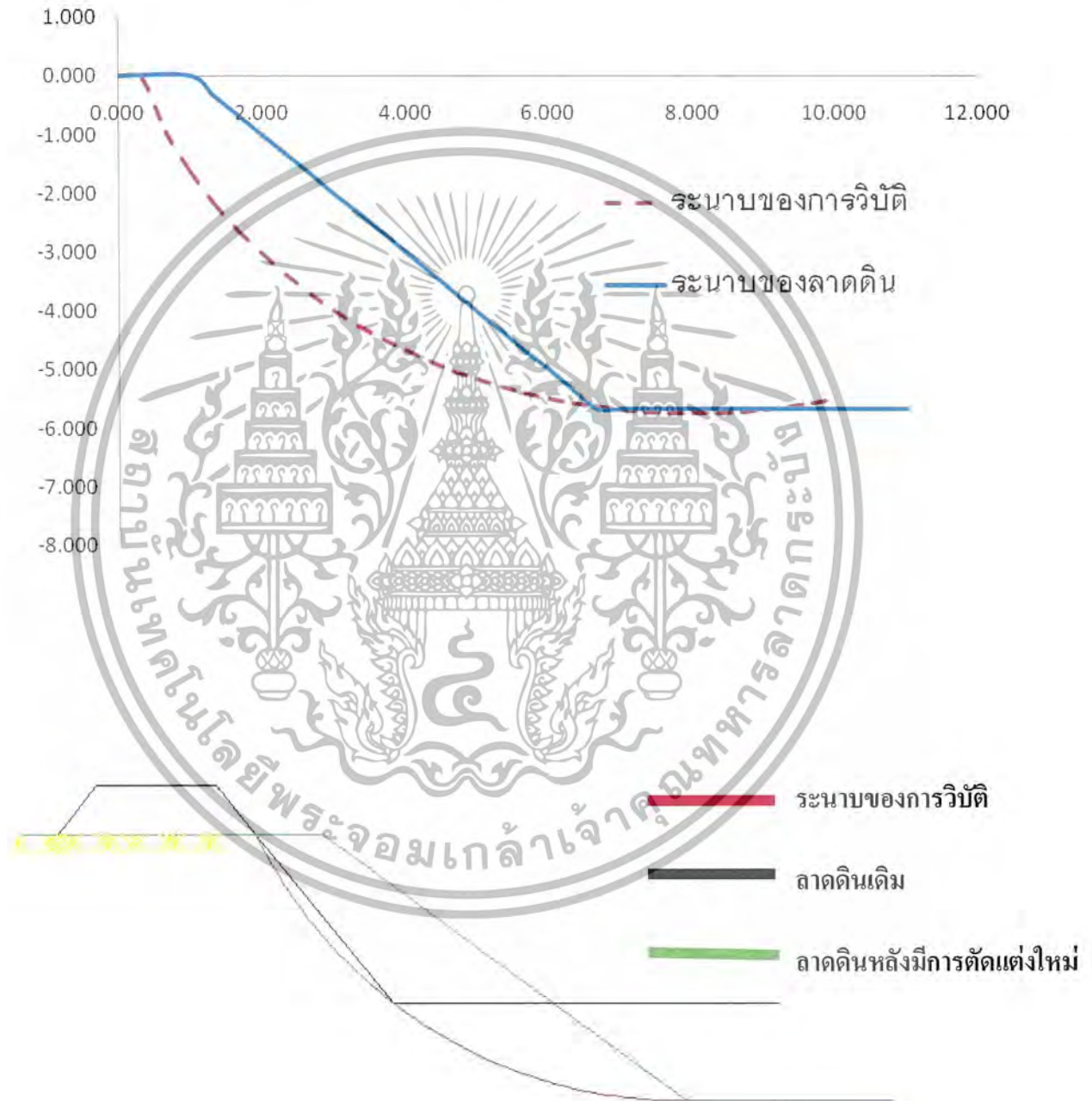
ตารางที่ 4-1 สรุปลักษณะชั้นดินบริเวณพื้นที่โครงการก่อสร้าง

ความลึก (ม.)	ลักษณะชั้นดิน	Unit weight, γ (t/m)	SPT N - VALUE	Poisson's ratio, V	E (MPa)
0.00-18.50	Very Soft	01.70	0 - 21	0.30 - 0.50	5.000
18.00-22.50	Stiff silty clay	13.00	40	0.30 - 0.50	5.000
> 22.50	Find Sand	25.00	> 40	0.10 - 1.00	5.000

ที่มา :

4.3 ระบายการวิบัติของลาดดิน (PLANE OF FAILURE)

จากการสำรวจพื้นที่โครงการเบื้องต้น และนำข้อมูลที่ได้มาใช้วิเคราะห์พบว่าการวิบัติที่เกิดขึ้นเป็นการพังทลายของดินส่วนที่ถมเพิ่มเติม โดยมีลักษณะหน้าตัดของการวิบัติ ดังรูป 4-3 จากรูปสามารถสรุปค่าได้ตามตารางที่ 4-2



รูปที่ 4-3 แสดงระนาบของการวิบัติของลาดดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 – 2 แสดงค่าระนาบของการวิบัติ

No.	Distance (m)	Elevation (m)
1	0.000	0.000
2	0.333	-0.049
3	0.667	-0.957
4	1.000	-1.631
5	1.333	-2.179
6	1.667	-2.644
7	2.000	-3.047
8	2.333	-3.403
9	2.667	-3.718
10	3.000	-4.000
11	3.333	-4.253
12	3.667	-4.479
13	4.000	-4.683
14	4.333	-4.865
15	4.667	-5.027
16	5.000	-5.170
17	5.333	-5.297
18	5.667	-5.406
19	6.000	-5.500
20	6.333	-5.579
21	6.667	-5.642
22	7.000	-5.691
23	7.333	-5.726
24	7.667	-5.747

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 – 2 แสดงค่าระนาบของการวิบัติ (ต่อ)

No.	Distance (m)	Elevation (m)
25	8.000	-5.754
26	8.333	-5.747
27	8.667	-5.726
28	9.000	-5.691
29	9.333	-5.642
30	9.667	-5.579
31	10.000	-5.500





รูปที่ 4-3 แสดงสภาพบ่อน้ำบาดที่ตัดแต่งลาดดินก่อนที่จะเกิดการวิบัติ (1)



รูปที่ 4-4 แสดงสภาพบ่อน้ำบาดที่ตัดแต่งลาดดินก่อนที่จะเกิดการวิบัติ (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-5 แสดงสภาพบ่อน้ำบาดที่ตัดแต่งลาดดินก่อนที่จะเกิดการวิบัติ (3)



รูปที่ 4-6 แสดงการวิบัติของลาดดิน (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและ³⁵ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-7 แสดงการวิบัติของลาดดิน (2)

4.4 คุณสมบัติด้านการต้านทานแรงเฉือนของดินที่ได้จากการวิเคราะห์ย้อนกลับโดยทฤษฎีต่าง ๆ

Whitman and Bailey (1967) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่คำนวณได้จากวิธีการต่าง ๆ สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่คำนวณได้โดยทฤษฎี Junbu 's Generalized Procedure of Slice และ Morgenstern and Price's Method มีค่าใกล้เคียงกัน
2. ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่คำนวณโดยทฤษฎี Simplified Bishop Method of Slice เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการที่รวมสภาวะสมดุลทั้งหมด คือทฤษฎี Junbu 's Generalized Procedure of Slices และ Morgenstern and Price 's Method พบว่า ให้ค่าที่แตกต่างกันประมาณ 0 - 6 % โดยทฤษฎีนี้เป็นที่นิยมมากกว่าวิธีอื่น ๆ
3. ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่คำนวณโดยทฤษฎี Ordinary Method of Slice จะมีค่าน้อยกว่าค่าที่คำนวณได้จากวิธีอื่น ๆ

จากการข้อมูลการศึกษาข้างต้นจะพบว่าวิธีต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาล้วนมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป แต่ผู้ศึกษาได้นำทฤษฎีของ Simplified Bishop Method of Slice. และวิธีของ Felenius Method. มาใช้ในการคำนวณเนื่องจาก เป็นวิธีที่ง่ายเหมาะสำหรับการคำนวณด้วยมือ และค่าที่ได้มีความคลาดเคลื่อนน้อยในการคำนวณย้อนกลับเพื่อหาคคุณสมบัติการต้านทานแรงเฉือนของดินโดยทฤษฎีต่าง ๆ ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจข้อมูลในสนามเบื้องต้น เช่น ข้อมูลคุณสมบัติเบื้องต้นของดิน (γ , V , ϕ , E) ค่าความลาดเอียงของลาดดิน และความสูงของลาดดิน ทำการคำนวณย้อนกลับเพื่อหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน (c) ของดินได้ดังนี้

ตารางที่ 4 --3 แสดงคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของดินที่ได้จากการคำนวณย้อนกลับโดยทฤษฎี

ของ Simplified Bishop Method of Slice.

Factor of safety F.S.	Angle of friction, ϕ ($^{\circ}$)	Cohesion, c (t/m ²)	Unit weight , γ (t/m ³)	Poisson ' s ratio , V	Young ' s modulus, E (MPa)
0.10	0	0.95	1.7	0.33	5.00
0.99	0	0.94	1.7	0.33	5.00
0.95	0	0.91	1.7	0.33	5.00
0.90	0	0.86	1.7	0.33	5.00

ตารางที่ 4 - 4 แสดงคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของดินที่ได้จากการคำนวณย้อนกลับโดยทฤษฎี

ของ Felenius Method.

Factor of safety F.S.	Angle of friction, ϕ ($^{\circ}$)	Cohesion ,c (t/m ²)	Unit weight , γ (t/m ³)	Poisson ' s ratio, V	Young ' s modulus, E (MPa)
0.10	0	0.93	1.7	0.33	5.00
0.99	0	0.92	1.7	0.33	5.00
0.95	0	0.883	1.7	0.33	5.00
0.90	0	0.837	1.7	0.33	5.00

ตารางที่ 4 - 5 แสดงคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของดินที่ได้จากการคำนวณย้อนกลับโดยทฤษฎี

ของ Taylor Method.

Factor of safety	Angle of friction, ϕ (°)	Cohesion ,c (t/m ²)	Unit weight , γ (t/m ³)	Poisson ' s ratio, V	Young ' s modulus, E (MPa)
0.10	0	0.93	1.7	0.33	5.00
0.99	0	0.92	1.7	0.33	5.00
0.95	0	0.88	1.7	0.33	5.00
0.90	0	0.83	1.7	0.33	5.00

4.5 เปรียบเทียบคุณสมบัติด้านการต้านทานแรงเฉือนของดินที่ได้จากการวิเคราะห์ย้อนกลับโดยวิธีต่าง ๆ

ตารางที่ 4 - 6 แสดงคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของดินที่ได้จากการคำนวณย้อนกลับโดยทฤษฎีต่าง ๆ

Factor of safety , F.S.	Cohesion ,c (t/m)		
	Simplified Bishop	Felenius Method	Taylor Method
1.00	0.95	0.93	0.93
0.99	0.94	0.92	0.92
0.95	0.91	0.883	0.88
0.90	0.86	0.837	0.83

4.5 การตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยของลาดดินเพื่อนำค่าที่ได้ใช้เป็นข้อเสนอแนะ และ
แนวทางแก้ไขปัญหา

หลังจากที่ได้ค่าความต้านทานแรงเฉือนของลาดดินจากการคำนวณย้อนกลับ โดยการวิเคราะห์ย้อนกลับแล้ว จึงนำค่าที่ได้มาทำการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยของลาดดิน โดยการกำหนดอัตราส่วนความลาดชันค่าต่าง ๆ โดยค่าที่ได้มีค่าตามตารางที่ 4 – 7

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยที่ได้จากการกำหนดค่าความลาดชันต่าง ๆ โดยโปรแกรม KU Slope

ค่าความลาดชัน	ระดับความลึก (m)	ค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัย (FS), t/m ²			
		Ordinary	Janbu	Bishop	Spencer
1 : 2.5	3	1.0557	-	1.0557	-
1 : 1	5	0.5818	-	0.5818	-
1 : 2	5	0.709	-	0.709	-
1 : 2.5	5	0.681	-	0.681	-

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการประมาณคุณสมบัติการต้านทานแรงเฉือนของดิน โดยการสำรวจเบื้องต้นในสนามโดยการวิเคราะห์แบบย้อนกลับ ซึ่งจากการคำนวณค่าแรงต้านทานแรงเฉือนของดินโดยทฤษฎีต่าง ๆ ได้ตามตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 แสดงค่าความต้านทานแรงเฉือนของดินจากการคำนวณย้อนกลับ

FACTOR OF SAFETY, F.S.	COHESION, C (T/M ²)		
	SIMPLIFIED BISHOP	FELENIUS METHOD	TAYLOR METHOD
0.999	0.9400	0.9200	0.9200
1.000	0.9500	0.9300	0.9300

เมื่อทำการพิจารณาค่าที่ได้จากการคำนวณย้อนกลับ โดยใช้ทฤษฎีต่าง ๆ จะพบว่าค่าความต้านทานแรงเฉือนที่ได้จากการคำนวณ เมื่อสัมพันธ์กับความปลอดภัยของลาดดินมีค่าเท่ากับ 0.99 (เมื่อเกิดการวิบัติ) มีค่าใกล้เคียงกัน คือประมาณ 0.92 – 0.94 ตัน / ตารางเมตร

และเมื่อกำหนดสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยของลาดดินเท่ากับ 1.00 (ก่อนเกิดการวิบัติ) พบว่าค่าความต้านทานแรงเฉือนที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน คือประมาณ 0.93 – 0.95 ตัน / ตารางเมตร

จากค่ากำลังความต้านทานแรงเฉือนที่ได้จากการคำนวณย้อนกลับ จะพบว่าค่าที่ได้มีค่าน้อยมากคือ 0.90 ตัน/ตารางเมตร ถึงแม้ข้อมูลจะระบุว่าชั้นดินเหนียวมีความหนา 18.5 เมตร แต่เนื่องจากบริเวณที่ศึกษา เคยเป็นบ่อน้ำเก่า ดินจึงมีความอิ่มตัวของน้ำสูง เมื่อทำการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียได้มีการตัดแต่งลาดดิน โดยมีความลาดชันมาก กอปรกับการก่อสร้างดังกล่าวเป็นการนำส่วนของดินที่ตัดออกนำมาถมในส่วนที่ขาดเพื่อแต่งลาดดิน ทำให้ดินที่มีกำลังต่ำอยู่แล้วเกิดการวิบัติ โดยจากการเก็บข้อมูลในสนามจะพบว่าดินที่เกิดการวิบัตินั้นส่วนใหญ่เป็นดินที่ถมใหม่เป็นส่วนใหญ่ โดยสามารถพิจารณาได้จากการนำค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน จึงนำค่าที่ได้จากการคือประมาณ 0.92 – 0.95 ตัน / ตารางเมตร มาออกแบบลาดดินให้มีความปลอดภัย และตรวจสอบเพื่อ

หาค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยของลาดดินโดยใช้โปรแกรม KU Slope โดยใช้ค่าความลาดชันต่าง ๆ จะพบว่าที่ความลาดชัน 1 : 2.5 ความลึก 3.00 เมตร เป็นค่าที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยมากที่สุด คือ 1.057 ตัน/ตารางเมตร แต่เมื่อปรับความลาดชันเป็น 1 : 1 ที่ความลึก 5.00 เมตร สัมประสิทธิ์ความปลอดภัย มีค่าน้อยมาก ซึ่งเป็นสาเหตุให้ลาดดินเกิดการวิบัติขึ้น และหากมีการปรับค่าความลาดชันให้มีความชัน หรือความลึกน้อยลงค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยจะมีค่าน้อยลงด้วย

นอกจากเหตุผลเนื่องมาจากกำลังรับน้ำหนักของดินที่ต่ำ และความชันของลาดดินที่มีมากแล้วนั้น ยังมีปัจจัยในเรื่องของขั้นตอนในการก่อสร้าง และผลเนื่องจากการลดระดับของน้ำในดินอย่างรวดเร็ว ซึ่งเห็นได้จากการที่เริ่มเกิดการวิบัติเมื่อได้มีการสูบน้ำออกจากบ่อภายหลังได้ดำเนินการตัดแต่งลาดดินเรียบร้อยแล้ว



5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษานี้เป็นการศึกษาในบริเวณที่มีการก่อสร้างอยู่ทำให้การเก็บข้อมูลเป็นไปได้ยาก ข้อมูลที่ได้จึงเป็นข้อมูลที่ได้จากการประมาณเท่านั้น เช่น กรณีข้อมูลหลุมสำรวจดินที่ใช้วิเคราะห์นั้น เมื่อพิจารณาข้อมูลบางอย่างจะพบว่ามีค่าสูงกว่าความเป็นจริง จึงควรมีการเก็บตัวอย่าง และทดสอบดินเพื่อข้อมูลที่ใช้จะได้มีความถูกต้อง เหมาะสม

จากการนำค่าความต้านทานแรงเฉือนของดิน ไปออกแบบลาดดินจะพบว่าค่าความลาดชัน 1 : 1 จะทำให้ลาดดินมีความไม่ปลอดภัย และเมื่อลดความสูงของลาดดิน หรือลดค่าความลาดชันให้มีค่าน้อยลง จะทำให้ค่าความปลอดภัยเพิ่มขึ้น จึงได้เสนอแนวทางไปยังบริษัท ฯ ให้ทำการออกแบบลาดดินใหม่ โดยใช้อัตราส่วนความลาดชันให้มากขึ้น หรือลดความลึกของลาด ซึ่งจะทำให้ค่าความปลอดภัยของลาดดินมีค่ามากขึ้น

ในการเก็บข้อมูลเพื่อใช้วิเคราะห์เสถียรภาพความลาดเอียง (Slope Stability Analysis) ของลาดดินเบื้องต้นนั้นควรจะต้องพิจารณาถึง

1. ลักษณะเนื้อดิน (Ground Investigation) เนื่องจากลักษณะดินในพื้นที่โครงการที่ทำการศึกษาเป็นดินเศษตะกอนละเอียด (ลักษณะเนื้อดินย่อย) เนื่องจากเป็นบ่อบำบัดน้ำเสียเดิมทำให้มีเศษตะกอนละเอียดของเสียทับถมกันอยู่ โดยเมื่อคำนวณย้อนกลับแล้วพบว่าค่าที่ได้มีค่า C ประมาณ 0.92 - 0.94 ตัน/ตารางเมตร ซึ่งค่าที่ได้ถือว่ามีค่าต่ำมาก

2. ระบายที่คาดว่าจะพังมากที่สุด (Most Critical Slip Surface) ในดินที่มีเนื้อสม่ำเสมอที่ไม่มีผลกระทบจากรอยเลื่อน (Faults) หรือชั้นดิน (Bedding) มีชั้นผิวระบายไค้ที่จะวิบัติอยู่ลึกก็จะมีแนวโน้มวิบัติและรูปไค้ในลักษณะหมุนการทดลองวงกลมแห่งการหมุน (Trial Circles) โดยหากพิจารณาลักษณะการวิบัติที่เกิดขึ้นจะพบว่าระบายที่เกิดการวิบัติเป็นระบายที่เกิดจากการนำดิน ขึ้น ไปถมเพื่อตัดแต่งลาดดิน

3. รอยแตกจากแรงดึง (Tension Cracks) ที่อาจจะเกิดขึ้น

4. ค่าความลาดเอียงของลาดดิน ซึ่งมีค่ามาก คือ 1 : 1 ซึ่งมีความชันมากทำให้ดินไม่อาจรักษาเสถียรภาพของลาดดินไว้ได้ โดยจะเห็นได้จากการคำนวณในแต่ละครั้ง ค่าความสูงและมุมของความลาดเอียงถูกนำมาใช้ในการคำนวณ หากมุม หรือค่าความสูงมีค่ามาก จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยมีค่าน้อยลง

5. ปัจจัยอื่นที่มีผล เช่น ระดับน้ำใต้ดิน ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ เป็นต้น

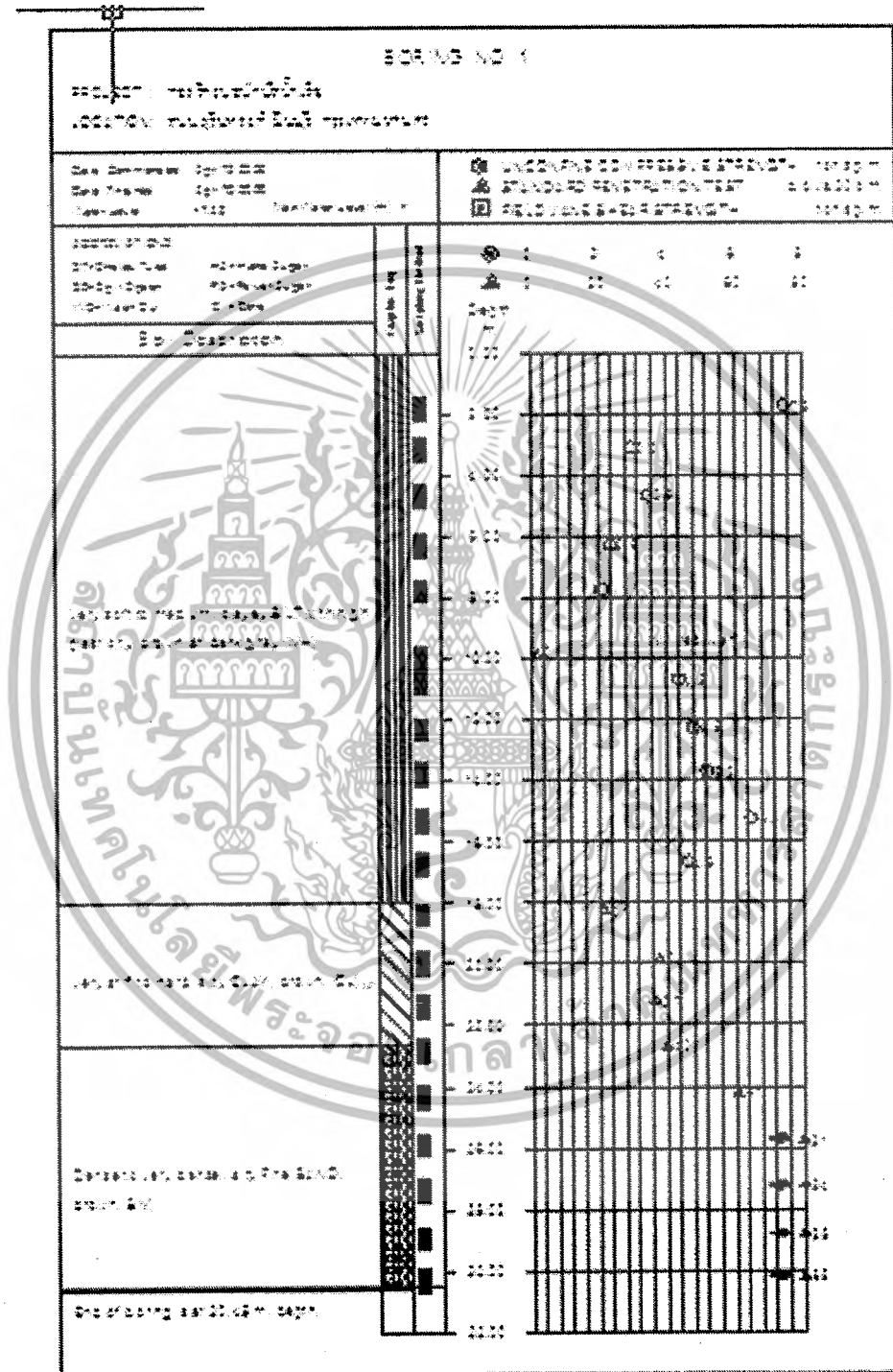


ภาคผนวก ก
ข้อมูลชั้นดินเบื้องต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อภาคผนวก ก-1 นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะชั้นดิน

ลักษณะชั้นดินของบริเวณพื้นที่โครงการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย บริษัท ซี พี เอฟ ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด (มีนบุรี กรุงเทพฯ ฯ)



รูปที่ ก - 1 แสดงข้อมูลการสำรวจดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการพัฒนาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก - 1 สรุปลักษณะชั้นดินบริเวณพื้นที่โครงการก่อสร้าง

ความลึก (ม.)	ลักษณะชั้นดิน	Unit weight, γ (t/m)	SPT N - VALUE
0.00 – 18.50	Very Soft	~ 01.70	0 - 21
18.00 – 22.50	Stiff silty clay	13.00	40
> 22.50	Find Sand	25.00	> 40

ที่มา :



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก - 2 โมดูลัสยืดหยุ่นของดิน (Modulus of Elasticity)

Soil type	Static stress – strain modulus,	
	KSF	MPa
Clay		
very soft	40 – 250	2 - 15
soft	100 - 500	2 - 25
medium	300 – 1,000	15 - 50
hard	1,000 – 2,000	50 - 100
sandy	500 – 5,000	25 - 250

ที่มา : Bowles (1996)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก - 3 อัตราส่วนปัวซอง (Poisson ' s Ratio)

Type of soil	Poisson ' s Ratio
Clay,saturate	0.40 – 0.50
Clay,Unsaturate	0.10 – 0.30
Sandy Clay	0.20 – 0.30
Silt	0.30 – 0.35
Sandy,Gravvelly Sand	0.10 – 1.00
Commonly Used	0.30 – 0.40

ที่มา : Bowles (1996)





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระนาบการวิบัติของลาดดิน (PLANE OF FAILURE)

จากการสำรวจพื้นที่โครงการเบื้องต้น และนำข้อมูลที่ได้มาใช้วิเคราะห์พบว่าการวิบัติที่เกิดขึ้นเป็นการพังทลายของดินส่วนที่ถมเพิ่มเติม โดยมีลักษณะหน้าตัดของการวิบัติดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข -1 แสดงค่าระนาบของการวัด

No.	Distance (m)	Elevation (m)
1	0.000	0.000
2	0.333	-0.049
3	0.667	-0.957
4	1.000	-1.631
5	1.333	-2.179
6	1.667	-2.644
7	2.000	-3.047
8	2.333	-3.403
9	2.667	-3.718
10	3.000	-4.000
11	3.333	-4.253
12	3.667	-4.479
13	4.000	-4.683
14	4.333	-4.865
15	4.667	-5.027
16	5.000	-5.170
17	5.333	-5.297
18	5.667	-5.406
19	6.000	-5.500
20	6.333	-5.579
21	6.667	-5.642
22	7.000	-5.691
23	7.333	-5.726
24	7.667	-5.747

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข - 1 แสดงค่าระนาบของการวัด (ต่อ)

No.	Distance (m)	Elevation (m)
25	8.000	-5.754
26	8.333	-5.747
27	8.667	-5.726
28	9.000	-5.691
29	9.333	-5.642
30	9.667	-5.579
31	10.000	-5.500



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข -2 แสดงสภาพบ่อน้ำขุดเดิมก่อนดำเนินการปรับปรุง

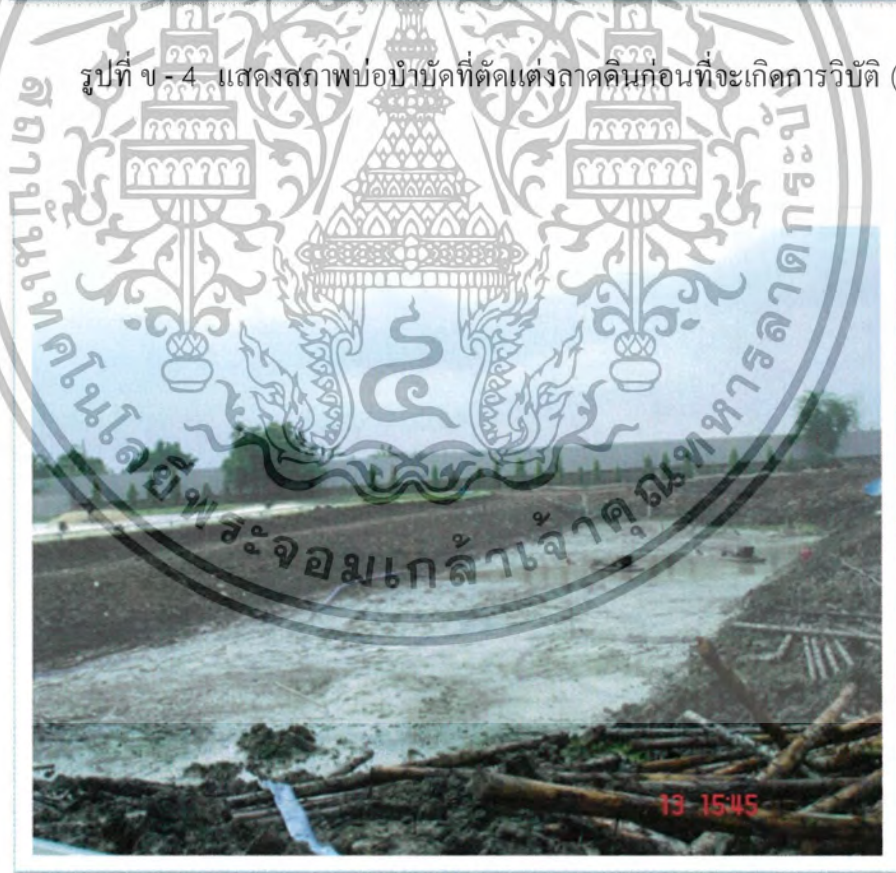


รูปที่ ข - 3 แสดงสภาพบ่อน้ำขุดที่ตัดแต่งลาดดินก่อนที่จะเกิดการวิบัติ (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข - 4 แสดงสภาพบ่อบำบัดที่ตัดแต่งลาดดินก่อนที่จะเกิดการวิบัติ (2)



รูปที่ ข - 5 แสดงสภาพบ่อบำบัดที่ตัดแต่งลาดดินก่อนที่จะเกิดการวิบัติ (ขณะทำการสูบน้ำออก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข - 6 แสดงสภาพบ่อน้ำบาดาลที่ตัดแต่งลาดดินก่อนที่จะเกิดการวิบัติ (หลังสูบน้ำ)



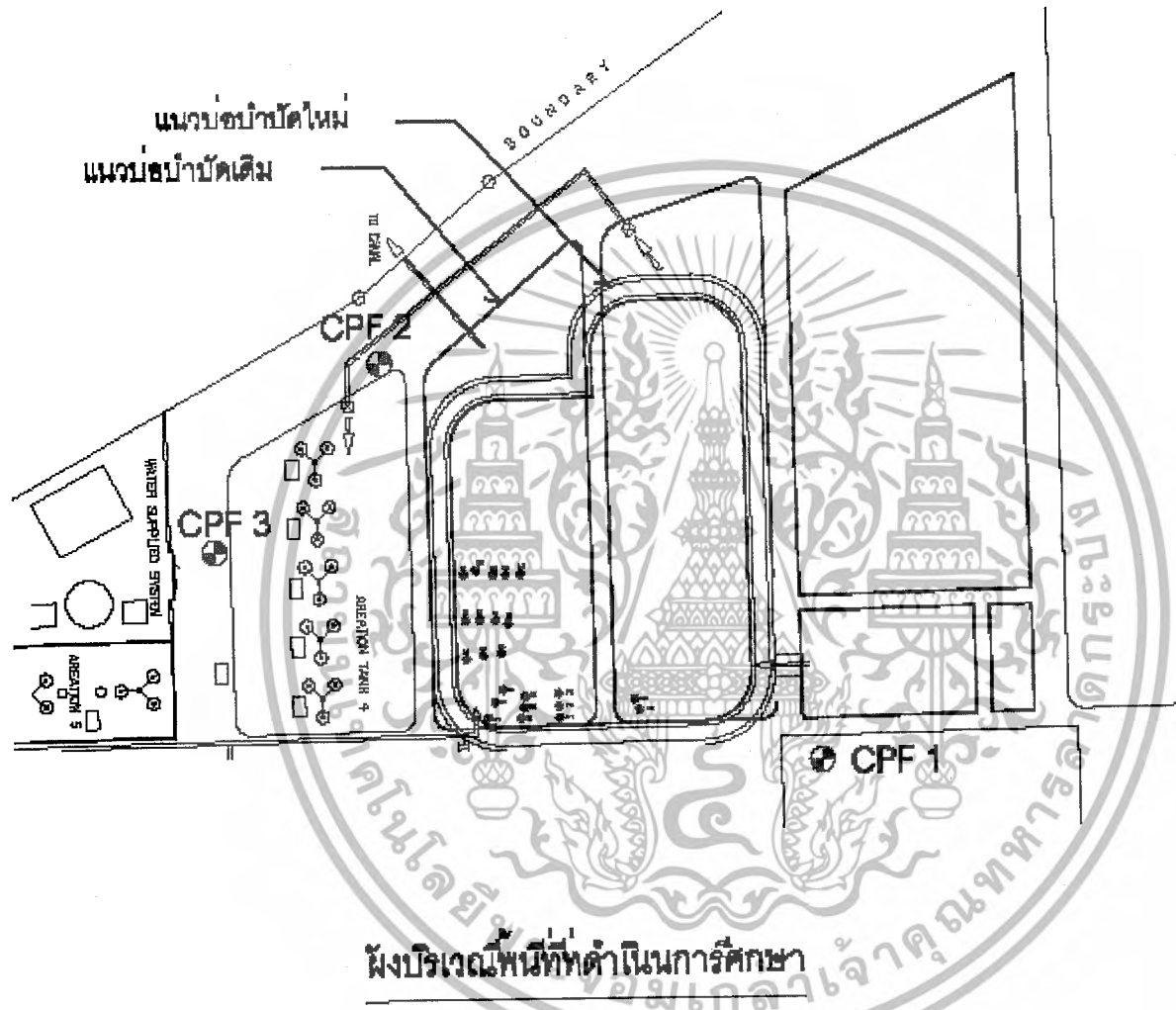
รูปที่ ข - 7 แสดงการวิบัติของลาดดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนวก ค-1





DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
 FACULTY OF ENGINEERING ,KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
 LADKRABANG BANGKOK

PROJECT NAME :โครงการระบบบำบัดน้ำเสีย บริษัท ซีพีเอฟ ผลิตถัณฑ์อาหาร จำกัด.....

LOCATION :48 หมู่ที่ 9 ถ.สุวินทวงศ์ แขวงแสนแสบ เขตมีนบุรี กรุงเทพฯ ๑.....

SERVEY BY :

DATE :12/07/51.....

STA	ANG			corr	AZIMUTH			DIST (m)	LAT (m)	corr	DEPT (m)	corr	N (m)	E (m)	REMARK
	°	'	"		°	'	"								
CPF 3					0	0	0						500.000	500.000	
CPF 1	91	0	24	2.5	271	0	26.5	40.973	0.720	0.001	-40.967	-0.003	500.721	459.030	
CPF 2	72	6	4	2	163	6	32.5	141.027	-134.943	0.001	40.976	-0.003	365.779	500.003	
CPF 3	16	53	25	2.5	0	0	0	134.220	134.220	0.001	0.000	-0.003	500.000	500.000	
เกณฑ์ 180 x (N - 2)	180	0	0												
∑	179	59	53				∑ =	316.220	-0.003		0.009				
error	0	0	7												
											error	"	0.009	(m)	
											เกณฑ์	"	13.496	(mm)	
											acc	"	0.00003		
											"	"	1: 35,135.556		



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING ,KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK

PROJECT NAME : ...โครงการระบบบำบัดน้ำเสีย บริษัท ซีพีเอฟ ผลิตภัณ์อาหาร จำกัด.....

LOCATION :48 หมู่ที่ 9 อ.สุวินทวงศ์ แขวงสามแสบ เขตมีนบุรี กรุงเทพฯ ฯ.....

SERVEY BY :

DATE :12/07/51.....

STA	ANG			corr	AZIMUTH			DIST	LAT	corr	DEPT	corr	N	E	REMARK	
	o	'	"		o	'	"									
CPF2																
CPF 1					268	59	33.5						500.721	459.030		
a1	58	14	26		147	13	59.5	20.601	-17.323		11.15		483.398	470.180		
a2	71	40	54		160	40	27.5	24.112	-22.753		7.98		477.968	467.010		
a3	76	33	55		165	33	28.5	26.828	-25.98		6.691		474.741	465.721		
a4	82	18	28		171	18	1.5	31.639	-31.275		4.786		469.446	463.816		
a5	87	18	28		176	18	1.5	36.356	-36.28		2.346		464.441	461.376		
b1	51	10	54		140	10	27.5	26.904	-20.662		17.231		480.059	476.261		
b2	58	31	1		147	30	34.5	29.304	-24.717		15.741		476.004	474.771		
b3	67	12	23		156	11	56.5	32.484	-29.721		13.109		471.000	472.139		
b4	73	14	16		162	13	49.5	35.467	-33.775		10.824		466.946	469.854		
c1	47	44	0		136	43	33.5	41.888	-30.498		28.714		470.223	487.744		
c2	58	47	42		147	47	15.5	41.58	-35.178		22.167		465.543	481.197		
c3	69	10	30		158	10	3.5	41.956	-38.947		15.603		461.774	474.633		
d1	51	24	3		140	23	36.5	51.383	-39.588		32.757		461.133	491.787		



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING ,KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK

PROJECT NAME :โครงการระบบบำบัดน้ำเสีย บริษัท ซีพีเอฟ ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด.....

LOCATION :48 หมู่ที่ 9 ถ.สุวินทวงศ์ แขวงแสนแสบ เขตมีนบุรี กรุงเทพฯ ฯ.....

SERVEY BY :

DATE :12/07/51.....

STA	ANG			corr	AZIMUTH			DIST	LAT	corr	DEPT	corr	N	E	REMARK
	o	'	"		o	'	"								
d2	58	27	35		147	27	8.5	48.853	-41.18		26.283		459.541	485.313	
d3	67	17	8		156	16	41.5	46.791	-42.838		18.824		457.883	477.854	
e1	56	34	52		145	34	25.5	62.395	-51.467		35.275		449.254	494.305	
e2	59	12	58		148	12	31.5	57.036	-48.479		30.048		452.242	489.078	
e3	64	29	26		153	28	59.5	50.193	-44.913		22.409		455.808	481.439	



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING ,KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG BANGKOK

PROJECT NAME : โครงการระบบบำบัดน้ำเสีย บริษัท ซีพีเอฟ ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด

LOCATION : 48 หมู่ที่ 9 ถ.สุวินทวงศ์ แขวงแสนแสบ เขตมีนบุรี กรุงเทพฯ ๑

DATE : 12/07/51

SERVEY BY :

CHECK BY :

Sta	BS	HI	IFS	FS	ELEV	REMARK
BM	1.333	11.333			10.000	BOILER BUILDING
TBM 1	0.128	9.153		2.308	9.025	
B1			0.358		8.795	
B2			1.382		7.771	
B3			1.966		7.187	
A1			0.184		8.969	
A2			1.376		7.777	
A3			2.162		6.991	
C1			0.467		8.686	
C2			1.957		7.196	
D1			1.237		7.916	
D2			2.322		6.831	
E1			0.723		8.430	
E2			1.558		7.595	
E3			2.918		6.235	
F1			1.282		7.871	
F2			2.115		7.038	
F3			2.139		7.014	
TBM 2	0.587	7.523		2.217	6.936	
B4			1.390		6.133	
A4			1.749		5.774	
A5			2.873		4.650	
C3			1.813		5.705	
D3			1.741		5.782	
TBM 3	2.981	9.149		1.355	6.168	
G1			0.474		8.675	
G2			0.934		8.215	
G3			1.796		7.353	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา **ผนวก ค-7** ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG BANGKOK

PROJECT NAME : โครงการระบบบำบัดน้ำเสีย บริษัท ซีพีเอฟ ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด (การเคลื่อนตัวครั้งที่ 3)

LOCATION : 48 หมู่ที่ 9 ต.สุวินทวงศ์ แขวงแสนแสบ เขตมีนบุรี กรุงเทพฯ ๙ DATE : 8/10/51

SERVEY BY :

CHECK BY :

STA	N	E	ELEV.	REMARK
b1	480.059	476.261	8.770	RP.(Reference Point)
d1	461.133	491.787	7.920	RP.(Reference Point)
f1	441.361	489.897	7.873	RP.(Reference Point)
g1	422.884	481.155	8.672	RP.(Reference Point)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG BANGKOK

PROJECT NAME : โครงการระบบบำบัดน้ำเสีย บริษัท ซีพีเอฟ ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด (การเคลื่อนตัวครั้งที่ 2)

LOCATION : 48 หมู่ที่ 9 ต.สุวินทวงศ์ แขวงแสนแสบ เขตมีนบุรี กรุงเทพฯ ฯ DATE : 25/8/51

SERVEY BY :

CHECK BY :

STA	N	E	ELEV.	REMARK
b1	480.059	476.261	8.775	RP.(Reference Point)
d1	461.133	491.787	7.914	RP.(Reference Point)
f1	441.361	489.897	7.870	RP.(Reference Point)
g1	422.884	481.155	8.658	RP.(Reference Point)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG BANGKOK

PROJECT NAME : โครงการระบบบำบัดน้ำเสีย บริษัท ซีพีเอฟ ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด (เปรียบเทียบค่าการเคลื่อนตัว)

LOCATION : 48 หมู่ที่ 9 อ.สุวินทวงศ์ แขวงแสนแสบ เขตมีนบุรี กรุงเทพฯ ฯ DATE : 7/10/51

SERVEY BY :

CHECK BY :

STA	ค่าระดับ (ELEV.)			REMARK
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
b1	8.795	8.775	8.770	RP.(Reference Point)
d1	7.916	7.914	7.920	RP.(Reference Point)
f1	7.871	7.870	7.873	RP.(Reference Point)
g1	8.675	8.658	8.672	RP.(Reference Point)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผนวก ง
การคำนวณโดยวิธี Bishop Method of Slice

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง- 1 การคำนวณเสถียรภาพของลาดดิน โดยวิธีของ Bishop Method of Slice (F.S.= 1.00)

Slice No.	c (T/m ²)	ϕ (deg.)	bi (m.)	θ (deg.)	h (m.)	h_w (m.)	$\tan \phi$ (T)	c.b (T)	W_s (T)	U (T)	c.b + (W_s) tan ϕ (T)	T_a	T	$W_{total} \sin \alpha$
1	0.9500	0.00	0.50	60.00	1.00	0.00	0.0000	0.4750	0.8500	0.0000	0.4750	0.4997	0.9507	0.7363
2		0.00	0.50	45.00	2.00	0.00	0.0000	0.4750	1.7000	0.0000	0.4750	0.7069	0.6720	1.2024
3		0.00	0.50	35.00	2.50	0.00	0.0000	0.4750	2.1250	0.0000	0.4750	0.8190	0.5800	1.2193
4		0.00	0.50	25.00	2.60	0.00	0.0000	0.4750	2.2100	0.0000	0.4750	0.9062	0.5241	0.9343
5		0.00	0.50	20.00	2.50	0.00	0.0000	0.4750	2.1250	0.0000	0.4750	0.9396	0.5055	0.7271
6		0.00	0.50	15.00	2.40	0.00	0.0000	0.4750	2.0400	0.0000	0.4750	0.9659	0.4918	0.5282
7		0.00	0.50	10.00	2.00	0.00	0.0000	0.4750	1.7000	0.0000	0.4750	0.9848	0.4823	0.2953
8		0.00	0.50	5.00	1.60	0.00	0.0000	0.4750	1.3600	0.0000	0.4750	0.9962	0.4768	0.1186
9		0.00	0.50	-5.00	1.00	0.00	0.0000	0.4750	0.8500	0.0000	0.4750	0.9962	0.4768	-0.0741
10		0.00	0.50	-20.00	0.50	0.00	0.0000	0.4750	0.0000	0.0000	0.4750	0.9396	0.5055	0.0000
												Total	5.6655	5.6873

กำหนดค่าข้อมูลที่ใช้ในการ

คำนวณ

Trial no.	=	1
Assume F.S.	=	1.00
Calculate F.S.	=	1.00
Diff	=	0.00

γ (s)	=	1.70	(T/m ²)
γ (w)	=	1.70	(T/m ²)
ϕ	=	0.00	(T/m ²)
c	=	0.95	(T/m ²)

ตารางที่ ง- 2 การคำนวณเสถียรภาพของลาดดิน โดยวิธีของ Bishop Method of Slice (F.S. = 0.99)

Slice No.	c (T/m2)	ϕ (deg.)	bi (m.)	θ (deg.)	h (m.)	h_w (m.)	$\tan \phi$ (T)	c.b (T)	W_s (T)	U (T)	c.b + (W_s) tanf (T)	T_a	T	$W_{total} \sin \alpha$
1	0.9400	0.00	0.50	60.00	1.00	0.00	0.0000	0.4700	0.8500	0.0000	0.4700	0.4997	0.9407	0.7363
2		0.00	0.50	45.00	2.00	0.00	0.0000	0.4700	1.7000	0.0000	0.4700	0.7069	0.6649	1.2024
3		0.00	0.50	35.00	2.50	0.00	0.0000	0.4700	2.1250	0.0000	0.4700	0.8190	0.5739	1.2193
4		0.00	0.50	25.00	2.60	0.00	0.0000	0.4700	2.2100	0.0000	0.4700	0.9062	0.5186	0.9343
5		0.00	0.50	20.00	2.50	0.00	0.0000	0.4700	2.1250	0.0000	0.4700	0.9396	0.5002	0.7271
6		0.00	0.50	15.00	2.40	0.00	0.0000	0.4700	2.0400	0.0000	0.4700	0.9659	0.4866	0.5282
7		0.00	0.50	10.00	2.00	0.00	0.0000	0.4700	1.7000	0.0000	0.4700	0.9848	0.4773	0.2953
8		0.00	0.50	5.00	1.60	0.00	0.0000	0.4700	1.3600	0.0000	0.4700	0.9962	0.4718	0.1186
9		0.00	0.50	-5.00	1.00	0.00	0.0000	0.4700	-0.8500	0.0000	0.4700	0.9962	0.4718	-0.0741
10		0.00	0.50	-20.00	0.50	0.00	0.0000	0.4700	0.0000	0.0000	0.0000	0.4700	0.9396	0.5002
												Total	5.6058	5.6873

กำหนดค่าข้อมูลที่ใช้ในการ

คำนวณ

Trial no.	=	1
Assume F.S.	=	0.99
Calculate F.S.	=	0.99
Dift	=	0.00

γ (s)	=	1.70	(T/m2)
γ (w)	=	1.70	(T/m2)
ϕ	=	0.00	(T/m2)
c	=	0.94	(T/m2)

ตารางที่ ๓- 3 การคำนวณเสถียรภาพของลาดดิน โดยวิธีของ Bishop Method of Slice (F.S. = 0.95)

Slice No.	c (T/m ²)	ϕ (deg.)	b _i (m.)	θ (deg.)	h (m.)	h _w (m.)	$\tan \phi$ (T)	c.b (T)	W _s (T)	U (T)	c.b + (W _s) tan ϕ (T)	T _a	T	W _{total} sin α
1	0.9100	0.00	0.50	60.00	1.00	0.00	0.0000	0.4550	0.8500	0.0000	0.4550	0.4997	0.9106	0.7363
2		0.00	0.50	45.00	2.00	0.00	0.0000	0.4550	1.7000	0.0000	0.4550	0.7069	0.6437	1.2024
3		0.00	0.50	35.00	2.50	0.00	0.0000	0.4550	2.1250	0.0000	0.4550	0.8190	0.5555	1.2193
4		0.00	0.50	25.00	2.60	0.00	0.0000	0.4550	2.2100	0.0000	0.4550	0.9062	0.5021	0.9343
5		0.00	0.50	20.00	2.50	0.00	0.0000	0.4550	2.1250	0.0000	0.4550	0.9396	0.4842	0.7271
6		0.00	0.50	15.00	2.40	0.00	0.0000	0.4550	2.0400	0.0000	0.4550	0.9659	0.4711	0.5282
7		0.00	0.50	10.00	2.00	0.00	0.0000	0.4550	1.7000	0.0000	0.4550	0.9848	0.4620	0.2953
8		0.00	0.50	5.00	1.60	0.00	0.0000	0.4550	1.3600	0.0000	0.4550	0.9962	0.4567	0.1186
9		0.00	0.50	-5.00	1.00	0.00	0.0000	0.4550	0.8500	0.0000	0.4550	0.9962	0.4567	-0.0741
10		0.00	0.50	-20.00	0.50	0.00	0.0000	0.4550	0.0000	0.0000	0.4550	0.9396	0.4842	0.0000
												Total	5.4269	5.6873

กำหนดค่าข้อมูลที่ใช้ในการ

คำนวณ

Trial no.	=	1
Assume F.S.	=	0.95
Calculate F.S.	=	0.95
Dift	=	0.00

γ (s)	=	1.70	(T/m ²)
γ (w)	=	1.70	(T/m ²)
ϕ	=	0.00	(T/m ²)
c	=	0.91	(T/m ²)

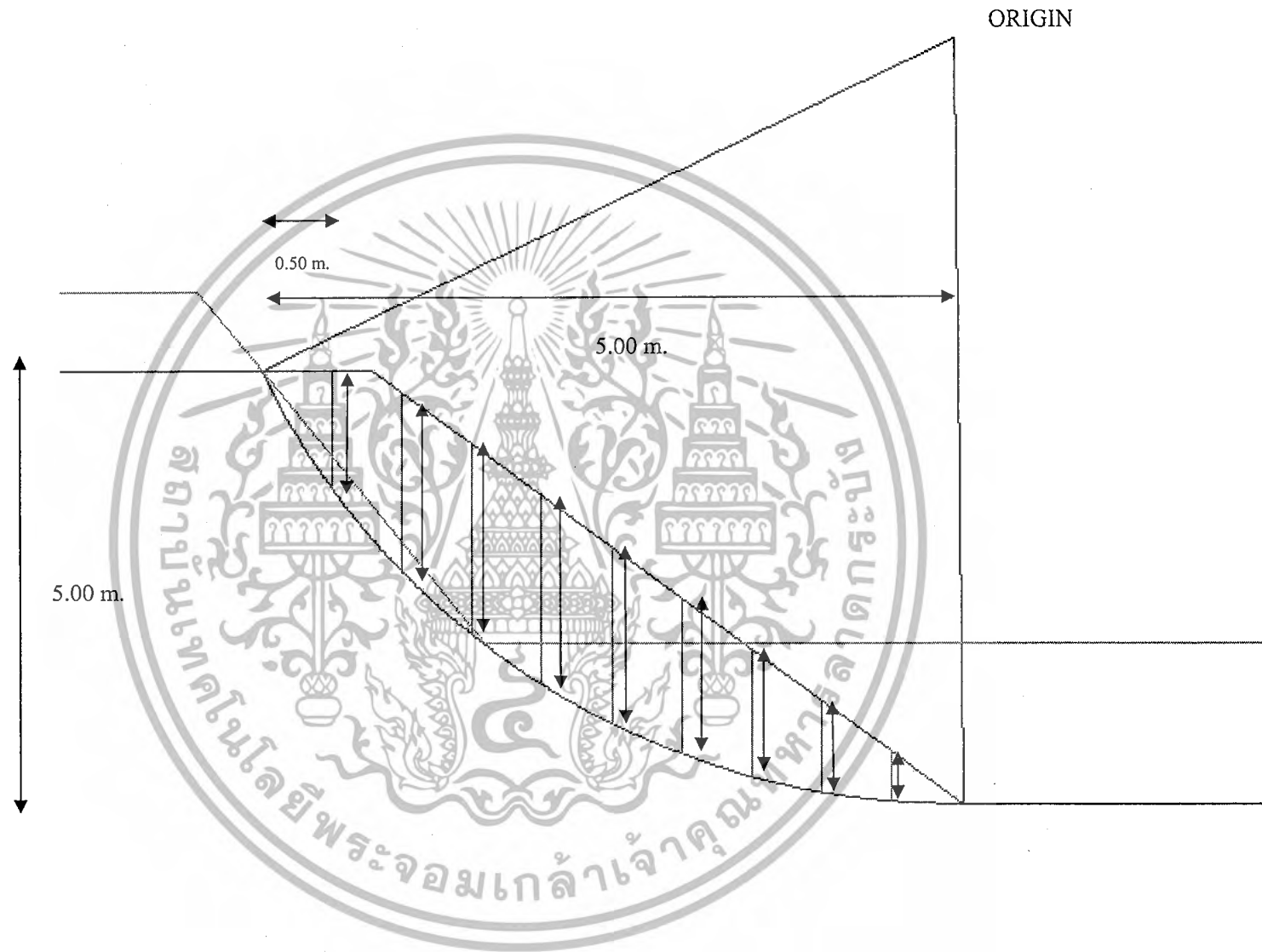
ตารางที่ ง - 4 การคำนวณเสถียรภาพของลาดดิน โดยวิธีของ Bishop Method of Slice (F.S. = 0.90)

Slice No.	c (T/m ²)	ϕ (deg.)	b _i (m.)	θ (deg.)	h (m.)	h _w (m.)	$\tan \phi$ (T)	c.b (T)	W _s (T)	U (T)	c.b + (W _s) tan ϕ (T)	T _a	T	W _{total} sin α	
1	0.8600	0.00	0.50	60.00	1.00	0.00	0.0000	0.4300	0.8500	0.0000	0.4300	0.4997	0.8606	0.7363	
2		0.00	0.50	45.00	2.00	0.00	0.0000	0.4300	1.7000	0.0000	0.4300	0.7069	0.6083	1.2024	
3		0.00	0.50	35.00	25.00	2.50	0.00	0.0000	0.4300	2.1250	0.0000	0.4300	0.8190	0.5250	1.2193
4		0.00	0.50	25.00	25.00	2.60	0.00	0.0000	0.4300	2.2100	0.0000	0.4300	0.9062	0.4745	0.9343
5		0.00	0.50	20.00	20.00	2.50	0.00	0.0000	0.4300	2.1250	0.0000	0.4300	0.9396	0.4576	0.7271
6		0.00	0.50	15.00	15.00	2.40	0.00	0.0000	0.4300	2.0400	0.0000	0.4300	0.9659	0.4452	0.5282
7		0.00	0.50	10.00	10.00	2.00	0.00	0.0000	0.4300	1.7000	0.0000	0.4300	0.9848	0.4366	0.2953
8		0.00	0.50	5.00	5.00	1.60	0.00	0.0000	0.4300	1.3600	0.0000	0.4300	0.9962	0.4316	0.1186
9		0.00	0.50	-5.00	-5.00	1.00	0.00	0.0000	0.4300	0.8500	0.0000	0.4300	0.9962	0.4316	-0.0741
10		0.00	0.50	-20.00	-20.00	0.50	0.00	0.0000	0.4300	0.0000	0.0000	0.4300	0.9396	0.4576	0.0000
Total												5.1287	5.6873		

กำหนดค่าข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

Trial no.	=	1
Assume F.S.	=	0.90
Calculate F.S.	=	0.90
Dift	=	0.00

γ (s)	=	1.70	(T/m ²)
γ (w)	=	1.70	(T/m ²)
ϕ	=	0.00	(T/m ²)
c	=	0.86	(T/m ²)



รูปที่ ง - 1 แสดงหน้าตัดการวิบัติ และการคำนวณโดย Bishop Method



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ - 1 การคำนวณเสถียรภาพของลาดดิน โดยวิธีของ Fellenius Method of Slice (F.S.= 1.00)

Slice No	B m	α (°)	α		$l=b/\cos\alpha$ (m)	h (m)	W = γshb (t/m ²)	N = w $\cos\alpha$ (t/m ²)	w sin α (t/m ²)	Ct + Ntan ϕ (t/m ²)	Remark
			sin	cos							
1	0.5	60.00	0.87	0.50	1.00	1.00	0.85	0.42	0.74	0.93	$\gamma_{\sigma} = 1.70$ (t/m ³)
2	0.5	45.00	0.71	0.71	0.71	2.00	1.70	1.20	1.20	0.66	$\gamma_{\omega} = 1.00$ (t/m ³)
3	0.5	35.00	0.57	0.82	0.61	2.50	2.13	1.74	1.22	0.57	$\phi = 0.00$ องศา
4	0.5	25.00	0.42	0.91	0.55	2.60	2.21	2.00	0.93	0.51	c = 0.93 (t/m ²)
5	0.5	20.00	0.34	0.94	0.53	2.50	2.13	2.00	0.73	0.49	
6	0.5	15.00	0.26	0.97	0.52	2.40	2.04	1.97	0.53	0.48	
7	0.5	10.00	0.17	0.98	0.51	2.00	1.70	1.67	0.30	0.47	
8	0.5	5.00	0.09	1.00	0.50	1.60	1.36	1.35	0.12	0.47	
9	0.5	-5.00	-0.09	1.00	0.50	1.00	0.85	0.85	-0.07	0.47	
10	0.5	-20.00	-0.34	0.94	0.53	0.50	0.43	0.40	-0.15	0.49	
Σ									5.54	5.55	

F.S.	1.00077
ASSUME F.S.	1.00000
Dift	0.00077

ตารางที่ จ - 2 การคำนวณเสถียรภาพของลาดดิน โดยวิธีของ Fellenius Method of Slice (F.S.= 0.99)

Slice No	B m	α (°)	α		$l=b/\cos\alpha$ (m)	h (m)	$W = \gamma_{sh}b$ (t/m ²)	$N = w/\cos\alpha$ (t/m ²)	$w\sin\alpha$ (t/m ²)	$Cl+N\tan\phi$ (t/m ²)	Remark
			sin	cos							
1	0.5	60.00	0.87	0.50	1.00	1.00	0.85	0.42	0.74	0.92	$\gamma_{\sigma} = 1.70$ (t/m ²)
2	0.5	45.00	0.71	0.71	0.71	2.00	1.70	1.20	1.20	0.65	$\gamma_{\omega} = 1.00$ (t/m ²)
3	0.5	35.00	0.57	0.82	0.61	2.50	2.13	1.74	1.22	0.56	$\phi = 0.00$ องศา
4	0.5	25.00	0.42	0.91	0.55	2.60	2.21	2.00	0.93	0.51	$c = 0.92$ (t/m ²)
5	0.5	20.00	0.34	0.94	0.53	2.50	2.13	2.00	0.73	0.49	
6	0.5	15.00	0.26	0.97	0.52	2.40	2.04	1.97	0.53	0.48	
7	0.5	10.00	0.17	0.98	0.51	2.00	1.70	1.67	0.30	0.47	
8	0.5	5.00	0.09	1.00	0.50	1.60	1.36	1.35	0.12	0.46	
9	0.5	-5.00	-0.09	1.00	0.50	1.00	0.85	0.85	-0.07	0.46	
10	0.5	-20.00	-0.34	0.94	0.53	0.50	0.43	0.40	-0.15	0.49	
								Σ	5.54	5.49	

F.S.	0.99001
ASSUME F.S.	0.99000
Dift	0.00001

ตารางที่ ๓ - 3 การคำนวณเสถียรภาพของลาดดิน โดยวิธีของ Fellenius Method of Slice (F.S.= 0.95)

Slice No	B m	α (°)	α		l=b/cos α (m)	h (m)	W = γ shb (t/m ²)	N = w cos α (t/m ²)	wsin α (t/m ²)	Cl+Ntan ϕ (t/m ²)	Remark
			sin	cos							
1	0.5	60.00	0.87	0.50	1.00	1.00	0.85	0.42	0.74	0.88	γ_{σ} = 1.70 (t/m ³)
2	0.5	45.00	0.71	0.71	0.71	2.00	1.70	1.20	1.20	0.62	γ_{ω} = 1.00 (t/m ³)
3	0.5	35.00	0.57	0.82	0.61	2.50	2.13	1.74	1.22	0.54	ϕ = 0.00 องศา
4	0.5	25.00	0.42	0.91	0.55	2.60	2.21	2.00	0.93	0.49	c = 0.883 (t/m ²)
5	0.5	20.00	0.34	0.94	0.53	2.50	2.13	2.00	0.73	0.47	
6	0.5	15.00	0.26	0.97	0.52	2.40	2.04	1.97	0.53	0.46	
7	0.5	10.00	0.17	0.98	0.51	2.00	1.70	1.67	0.30	0.45	
8	0.5	5.00	0.09	1.00	0.50	1.60	1.36	1.35	0.12	0.44	
9	0.5	-5.00	-0.09	1.00	0.50	1.00	0.85	0.85	-0.07	0.44	
10	0.5	-20.00	-0.34	0.94	0.53	0.50	0.43	0.40	-0.15	0.47	
Σ									5.54	5.27	

F.S.	0.95019
ASSUME F.S.	0.95000
Dift	0.00019

ตารางที่ ๑ - 4 การคำนวณเสถียรภาพของลาดดิน โดยวิธีของ Fellenius Method of Slice (F.S.= 0.90)

Slice No	B m	α (°)	α		l=b/cos α (m)	h (m)	W = γ_{shb} (t/m ²)	N = w cos α (t/m ²)	wsin α (t/m ²)	C+Ntan ϕ (t/m ²)	Remark
			sin	cos							
1	0.5	60.00	0.87	0.50	1.00	1.00	0.85	0.42	0.74	0.84	$\gamma_{\sigma} = 1.70$ (t/m ³) $\gamma_{\omega} = 1.00$ (t/m ³) $\phi = 0.00$ องศา $c = 0.837$ (t/m ³)
2	0.5	45.00	0.71	0.71	0.71	2.00	1.70	1.20	1.20	0.59	
3	0.5	35.00	0.57	0.82	0.61	2.50	2.13	1.74	1.22	0.51	
4	0.5	25.00	0.42	0.91	0.55	2.60	2.21	2.00	0.93	0.46	
5	0.5	20.00	0.34	0.94	0.53	2.50	2.13	2.00	0.73	0.45	
6	0.5	15.00	0.26	0.97	0.52	2.40	2.04	1.97	0.53	0.43	
7	0.5	10.00	0.17	0.98	0.51	2.00	1.70	1.67	0.30	0.42	
8	0.5	5.00	0.09	1.00	0.50	1.60	1.36	1.35	0.12	0.42	
9	0.5	-5.00	-0.09	1.00	0.50	1.00	0.85	0.85	-0.07	0.42	
10	0.5	-20.00	-0.34	0.94	0.53	0.50	0.43	0.40	-0.15	0.45	
Σ									5.54	4.99	

F.S.	0.90069
ASSUME F.S.	0.90000
Dift	0.00069



รูปที่ จ - 1 แสดงหน้าตัดการวิบัติ และการคำนวณโดย Fellenius Method of Slice



ผนวก จ

การตรวจสอบความปลอดภัยของลาดดิน

โดยโปรแกรม KU Slope

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ- 1 ตารางแสดงข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณค่าความปลอดภัยของลาดดินเดิมตามธรรมชาติ
(ความลาดชัน 1 : 2.5 ความลึก 3.00 m.)

GERD

KUSlope Version 2.0

File Name : New Project.ksd Time : 22:43:55 Date : 28/5/2009

PROJECT : ...
LOCATION : ...
ENGINEER : P.SIMSA

SOIL PROPERTIES

No of Boundary Line =	Soil No.	Cohesion	Frict. Angle	Unit Weight
1	1	13.000	0.000	13.000
2	2	0.928	0.000	1.700
3	3	0.000	0.000	0.000

GEOMETRY

Line No.	Points No.	X Coord.	Y Coord.
1	1	0.000	-22.500
1	2	5.000	-22.500
1	3	20.000	-22.500
2	1	0.000	-18.500
2	2	20.000	-18.500
3	1	0.000	0.000
3	2	5.000	0.000
3	3	10.500	-3.000
3	4	13.500	-3.000
3	5	20.000	-3.000

BOTTOM LINE

No of Bottom Line = 1
Line No. = 1 Beg No. = 3 End No. = 5

SEEPAGE CONDITION : Use Phreatic Surface

Unit Weight of Water = 1.000
No Point of Water Table = 2

Point No.	X Coord.	Y Coord.
1	0.000	-3.000
2	20.000	-3.000

LOAD EFFECT

SEARCH CONDITION

Passing Criteria = 0.31000

Circular Search : by Grid

No of Circle = 20
No of Slice = 30
Min Depth of Tallest Slice = 0.000
No of Add Radii = 3
Point 1 Coord.X = 6.000 Point 1 Coord.Y = 2.000
Point 2 Coord.X = 11.000 Point 2 Coord.Y = -4.000
Point 3 Coord.X = 18.000 Point 3 Coord.Y = 1.000
No of Divisions Between Point 1 and 2 = 6
No of Divisions Between Point 2 and 3 = 6

Non-Circular Search : by Random

No of Slice = 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-2 ตารางแสดงข้อมูลอัตราส่วนความปลอดภัย และระนาบของการวิบัติ

(ความลาดชัน 1 : 2.5 ความลึก 3.00 m.)

GERD

KUslope Version 2.0

File Name : New Project.ksd Time : 22:44:56 Date : 28/5/2009

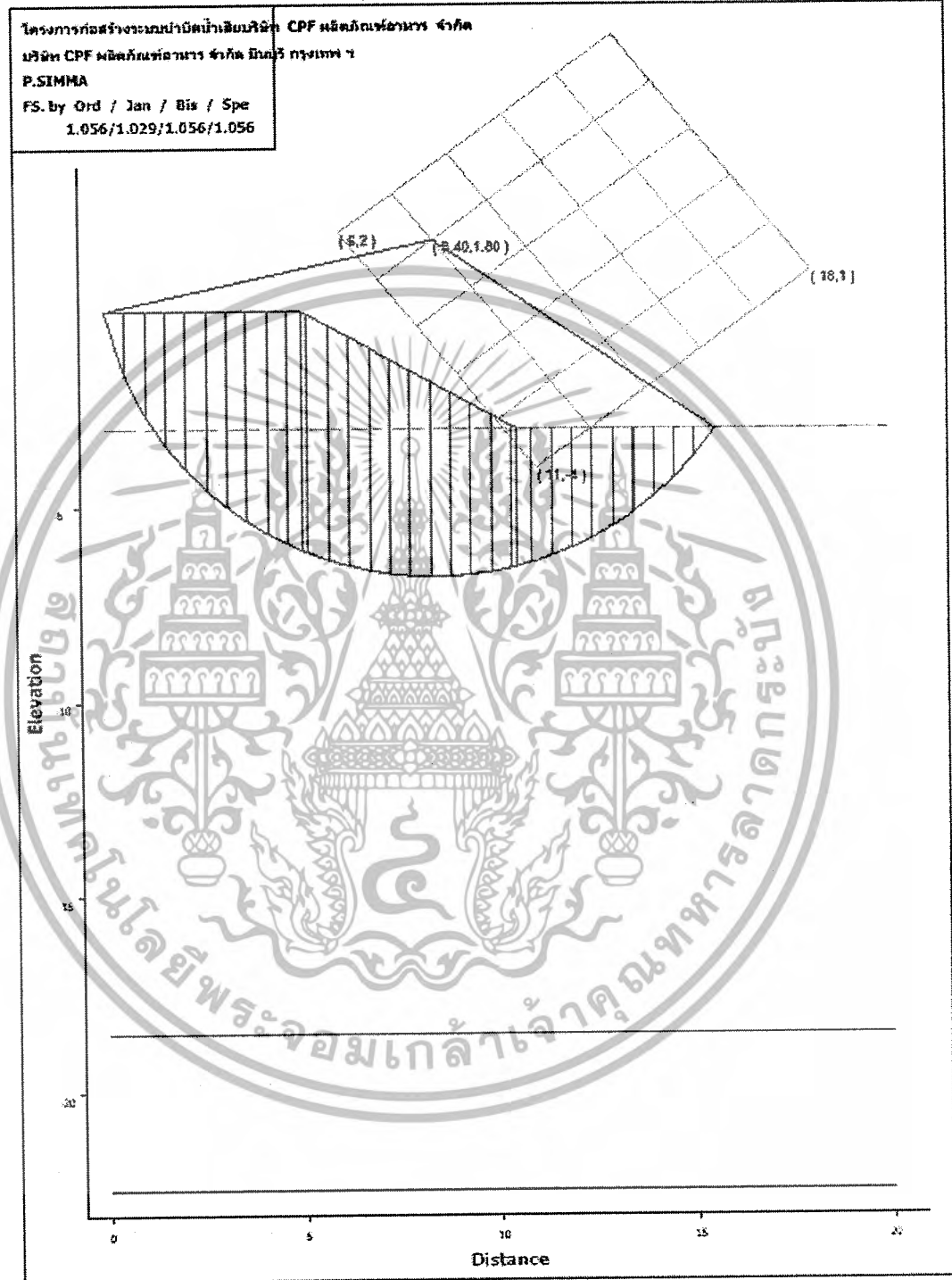
Circular Analysis

Min. FS. by Ordinary : 1.0557 , X : 8.4 , Y : 1.6 , R : 8.3907
 Min. FS. by Simp. Janbu : N/A
 Min. FS. by Simp. Bishop : 1.0557 , X : 8.4 , Y : 1.6 , R : 8.3907
 Min. FS. by Spencer : N/A

Failure Surface Coordinate

No.	Coord X	Coord Y
1	0.000	0.000
2	0.516	-1.616
3	1.035	-2.622
4	1.553	-3.655
5	2.070	-4.008
6	2.587	-4.626
7	3.103	-4.965
8	3.621	-5.346
9	4.140	-5.660
10	4.657	-5.933
11	5.000	-6.035
12	5.175	-6.152
13	5.692	-6.353
14	6.210	-6.507
15	6.727	-6.626
16	7.245	-6.713
17	7.762	-6.767
18	8.280	-6.790
19	8.797	-6.782
20	9.315	-6.742
21	9.832	-6.671
22	10.350	-6.567
23	10.867	-6.427
24	11.385	-6.256
25	11.902	-6.044
26	12.420	-5.792
27	12.937	-5.495
28	13.455	-5.146
29	13.972	-4.732
30	14.490	-4.259
31	15.007	-3.691
32	15.525	-3.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ - 1 แสดงรูปตัดและระนาบการวิบัติของลาดดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-4 ตารางแสดงข้อมูลอัตราส่วนความปลอดภัย และระนาบของการวิบัติ

(ความลาดชัน 1 : 1 ความลึก 5.00 m.)

GERD

KUslope Version 2.0

File Name : New Project.ksd Time : 22:55:57 Date : 16/5/2009

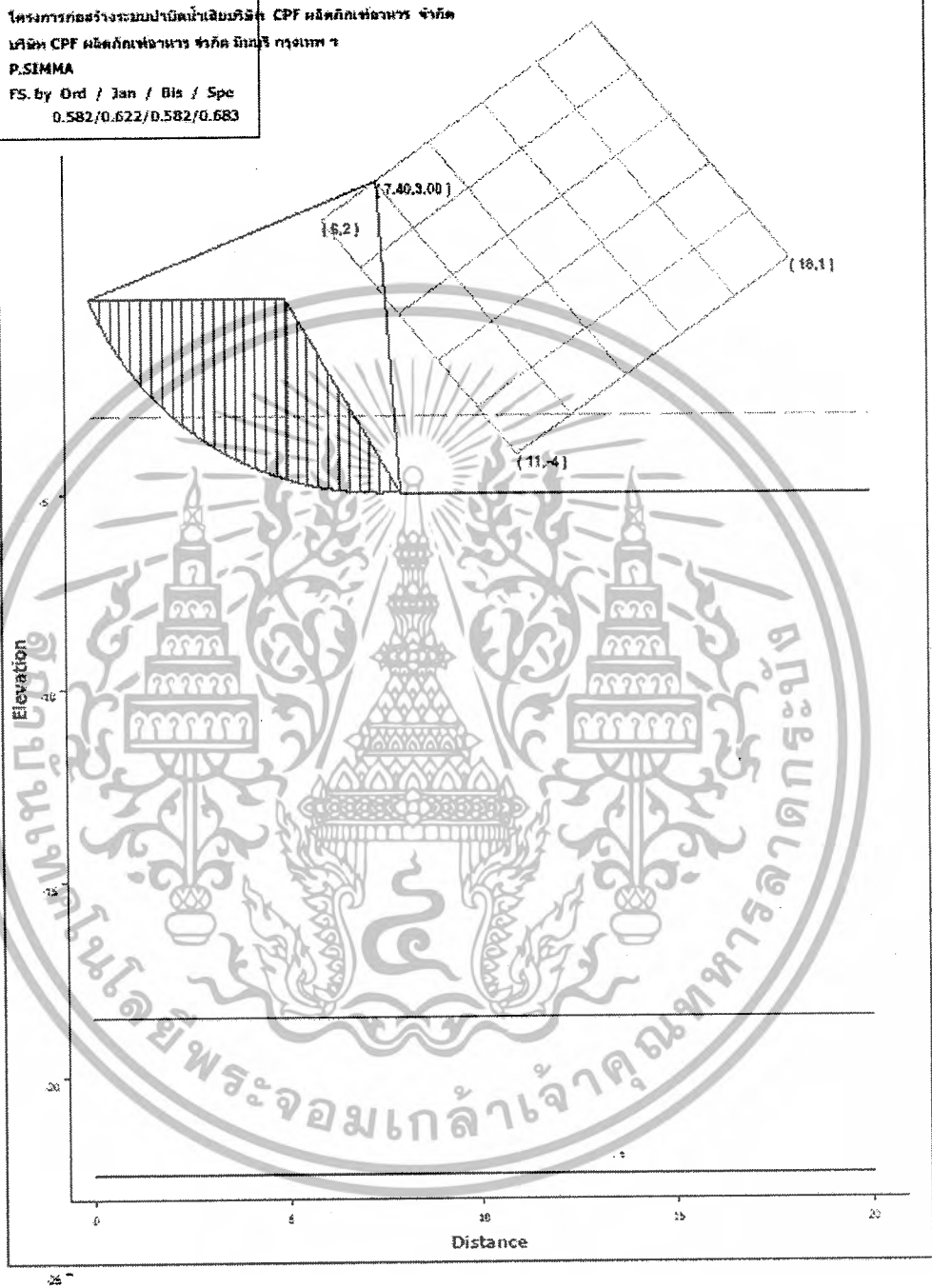
Circular Analysis

Min. FS. by Ordinary : 0.5816 , X : 7.4 , Y : 3 , R : 7.985
Min. FS. by Simp.Janbu : N/A
Min. FS. by Simp.Bishop : 0.5816 , X : 7.4 , Y : 3 , R : 7.985
Min. FS. by Spencer : N/A

Failure Surface Coordinate

No.	Coordi X	Coordi Y
1	0.000	0.000
2	0.266	-0.657
3	0.532	-1.313
4	0.798	-1.969
5	1.064	-2.625
6	1.330	-3.281
7	1.596	-3.937
8	1.862	-4.593
9	2.128	-5.249
10	2.394	-5.905
11	2.660	-6.561
12	2.926	-7.217
13	3.191	-7.873
14	3.457	-8.529
15	3.723	-9.185
16	3.989	-9.841
17	4.255	-10.497
18	4.521	-11.153
19	4.787	-11.809
20	5.053	-12.465
21	5.319	-13.121
22	5.585	-13.777
23	5.851	-14.433
24	6.117	-15.089
25	6.383	-15.745
26	6.649	-16.401
27	6.915	-17.057
28	7.181	-17.713
29	7.447	-18.369
30	7.713	-19.025
31	7.979	-19.681
32	8.245	-20.337

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ - 2 แสดงรูปตัดและระนาบการวิบัติของลาดดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ - 5 ตารางแสดงข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณค่าความปลอดภัยของลาดดิน

(ความลาดชัน 1 : 2 ความลึก 5.00 m.)

GERD

KUslope Version 2.0

File Name : New Project.ksd Time : 23:01:51 Date : 28/5/2009

PROJECT : อำเภอศรีนครินทร์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี
 LOCATION : ถนนสุขุมวิท ตำบลท่าข้าม อำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี
 ENGINEER : P.SIMSA

SOIL PROPERTIES

No of Boundary Line = 3

Soil No.	Cohesion	Frict. Angle	Unit Weight
1	13.000	0.000	13.000
2	0.000	0.000	1.700
3	0.000	0.000	0.000

GEOMETRY

Line No.	Points No.	X Coord.	Y Coord.
1	1	0.000	-22.500
	2	5.000	-22.500
	3	20.000	-22.500
2	1	0.000	-18.500
	2	20.000	-18.500
3	1	0.000	0.000
	2	3.000	0.000
	3	13.000	-3.000
	4	16.000	-5.000
	5	20.000	-5.000

BOTTOM LINE

No of Bottom Line = 1
 Line No. = 1 Beg No. = 3 End No. = 5

SEEPAGE CONDITION : Use Phreatic Surface

Unit Weight of Water = 1.000
 No Point of Water Table = 2

Point No.	X Coord.	Y Coord.
1	0.000	-3.000
2	20.000	-3.000

LOAD EFFECT

SEARCH CONDITION

Passing Criteria = 0.01000

Circular Search : by Grid

No of Circle = 20
 No of Slice = 20
 Min Depth of Tallest Slice = 0.000
 No of Add Radii = 3
 Point 1 Coord.X = 6.000 Point 1 Coord.Y = 2.000
 Point 2 Coord.X = 11.000 Point 2 Coord.Y = -4.000
 Point 3 Coord.X = 16.000 Point 3 Coord.Y = 1.000
 No of Divisions Between Point 1 and 2 = 5
 No of Divisions Between Point 2 and 3 = 5

Non-Circular Search : by Random

No of Slice = 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ - 6 ตารางแสดงข้อมูลอัตราส่วนความปลอดภัย และระนาบของการวิบัติ

(ความลาดชัน 1 : 2 ความลึก 5.00 m.)

GERD

KUSlope Version 2.0

File Name : New Project.ksd Time : 23:01:20 Date : 25/9/2009

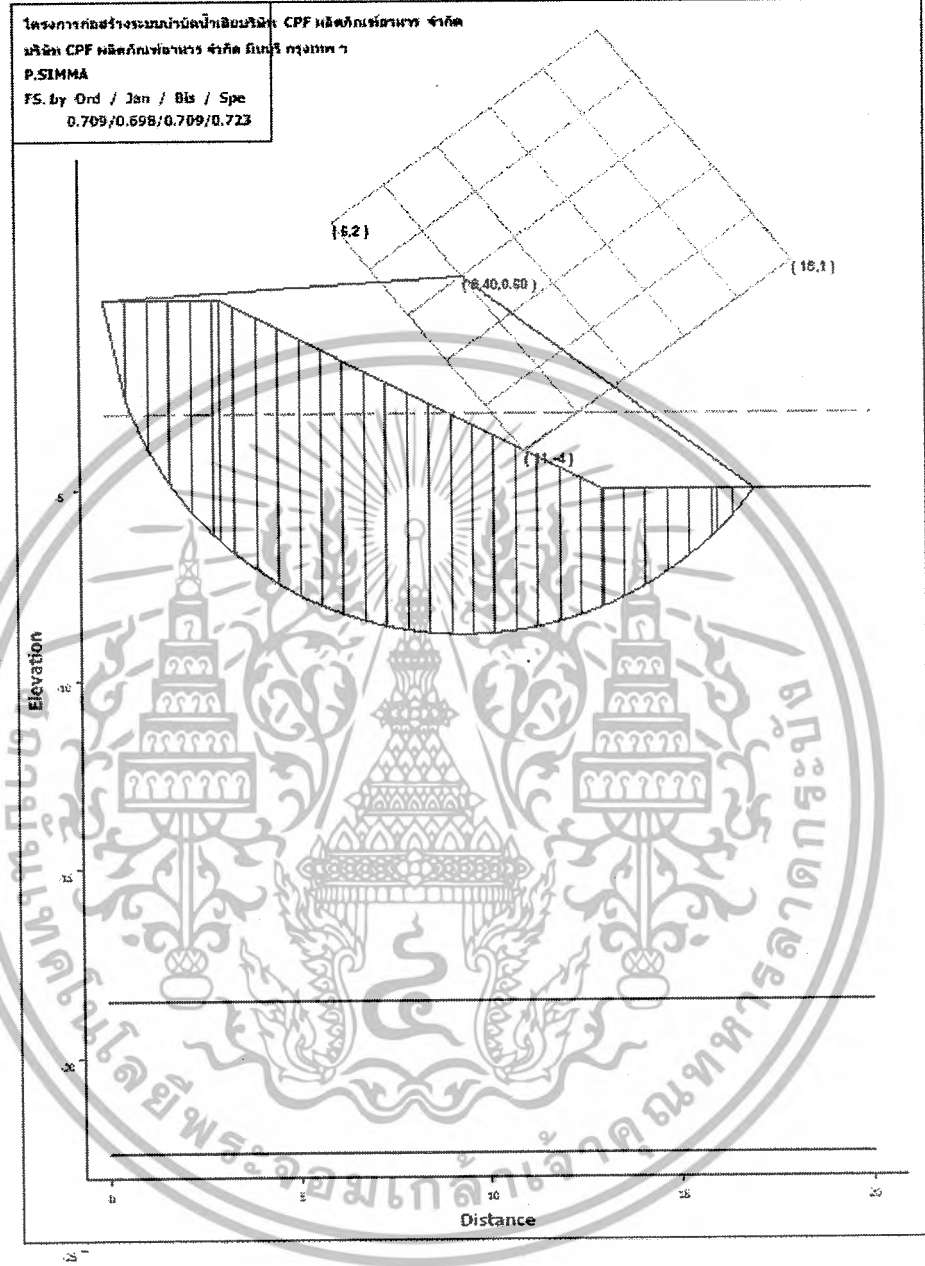
Circular Analysis

Min. FS. by Ordinary : 0.705 , X : 9.4 , Y : 0.6 , R : 9.4191
 Min. FS. by Simp.Janbu : N/A
 Min. FS. by Simp.Bishop : 0.705 , X : 9.4 , Y : 0.6 , R : 9.4191
 Min. FS. by Spencer : N/A

Failure Surface Coordinate

No.	Coordi X	Coordi Y
1	0.000	0.000
2	0.866	-2.656
3	1.132	-2.911
4	1.897	-2.821
5	2.263	-3.547
6	2.928	-6.148
7	3.000	-6.302
8	3.385	-6.657
9	3.961	-7.090
10	4.526	-7.460
11	5.092	-7.776
12	5.658	-8.044
13	6.224	-8.267
14	6.790	-8.450
15	7.355	-8.595
16	7.921	-8.702
17	8.487	-8.778
18	9.053	-8.813
19	9.618	-8.817
20	10.184	-8.786
21	10.750	-8.722
22	11.316	-8.632
23	11.882	-8.436
24	12.447	-8.133
25	13.000	-7.734
26	13.513	-7.259
27	13.979	-6.741
28	14.445	-6.197
29	14.711	-5.6179
30	15.276	-5.0161
31	15.842	-4.3922
32	16.000	-3.7410
33	16.406	-3.0694
34	16.974	-2.3800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๓ - 3 แสดงรูปตัดและระนาบการวิบัติของลาดดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ - 7 ตารางแสดงข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณค่าความปลอดภัยของลาดดิน

(ความลาดชัน 1 : 2.5 ความลึก 5.00 m.)

GERD

KUSlope Version 2.0

File Name : New Project.ksd Time : 23:09:29 Date : 28/5/2009

PROJECT : ศึกษาค่าความปลอดภัยของลาดดิน
 LOCATION : ฝายทดน้ำบ้านดอนจาน อ.เมือง จ.สุรินทร์
 ENGINEER : P.SIMM

SOIL PROPERTIES

No of Boundary Line = 3

Soil No.	Cohesion	Frict. Angle	Unit Weight
1	13.000	0.000	18.000
2	0.000	0.000	1.700
3	0.000	0.000	3.000

GEOMETRY

Line No.	Point No.	X Coord.	Y Coord.
1	1	0.000	-22.500
	2	8.000	-22.500
	3	20.000	-22.500
2	1	0.000	-18.500
	2	20.000	-18.500
3	1	0.000	0.000
	2	3.000	0.000
	3	9.255	-3.000
4	1	12.255	-3.000
	3	20.000	-3.000

BOTTOM LINE

No of Bottom Line = 1

Line No. = 1 Beg No. = 3 End No. = 3

SEEPAGE CONDITION : Use Phreatic Surface

Unit Weight of Water = 1.000

No Point of Water Table = 2

Point No.	X Coord.	Y Coord.
1	0.000	-3.000
2	20.000	-3.000

LOAD EFFECT

SEARCH CONDITION

Passing Criteria = 0.01000

Circular Search : by Grid

No of Circle = 20

No of Slice = 30

Min Depth of Tallest Slice = 0.000

No of Add Radii = 3

Point 1 Coord.X = 6.000 Point 1 Coord.Y = 2.000

Point 2 Coord.X = 11.000 Point 2 Coord.Y = -4.000

Point 3 Coord.X = 18.000 Point 3 Coord.Y = 1.000

No of Divisions Between Point 1 and 2 = 5

No of Divisions Between Point 2 and 3 = 5

Non-Circular Search : by Random

No of Slice = 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ - 8 ตารางแสดงข้อมูลอัตราส่วนความปลอดภัย และระนาบของกราวีตี

(ความลาดชัน 1 : 2.5 ความลึก 5.00 m.)

GERD

KUSlope Version 2.0

File Name : New Project.ksd Time : 23:09:59 Date : 29/6/2009

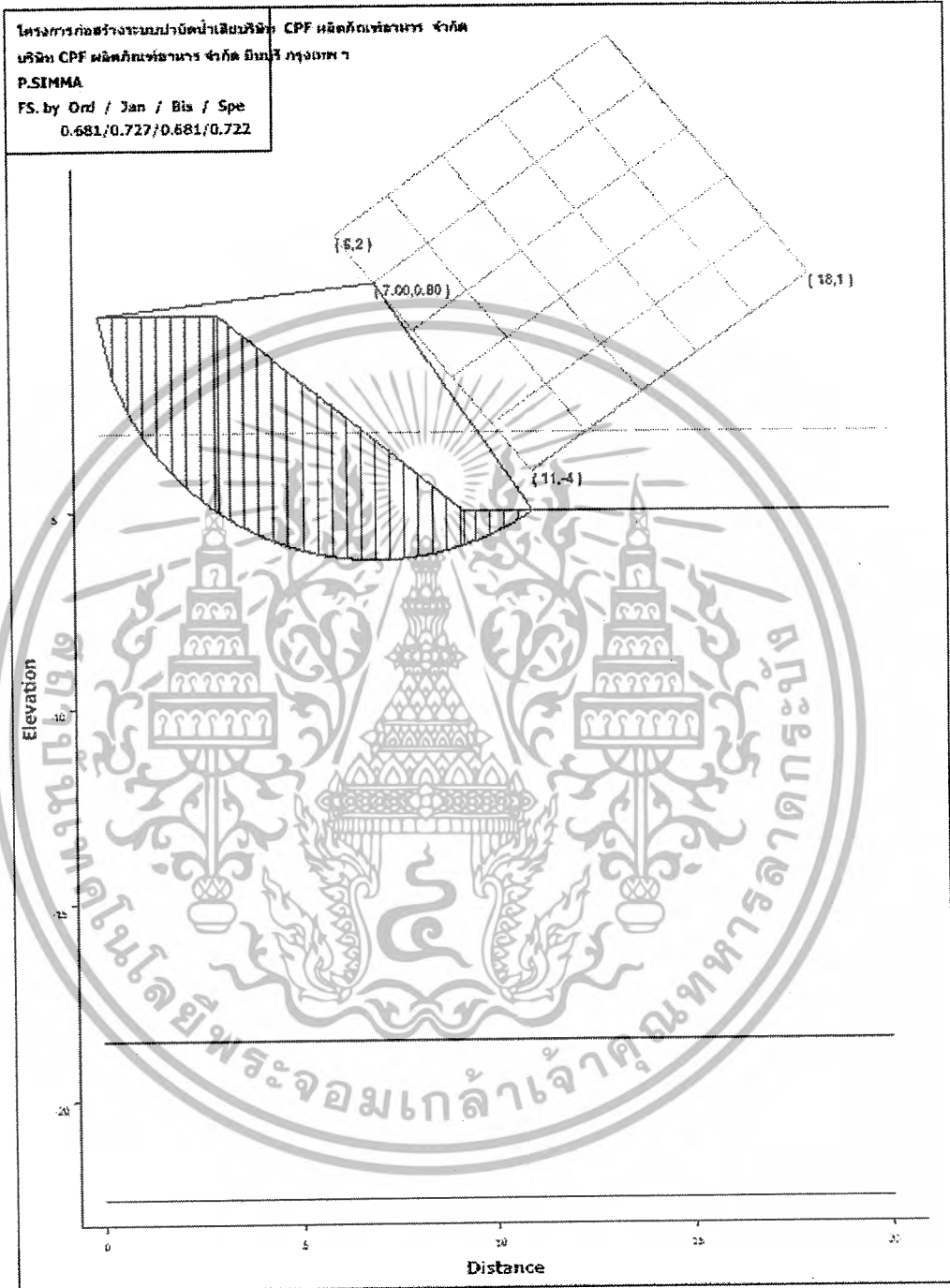
Circular Analysis

Min. FS. by Ordinary : 0.6611 , X : 7 , Y : 0.0 , R : 7.0456
 Min. FS. by Simp.Banbu : N/A
 Min. FS. by Simp.Bishop : 0.6611 , X : 7 , Y : 0.0 , R : 7.0456
 Min. FS. by Spencer : N/A

Failure Surface Coordinate

No.	Coord. X	Coord. Y
1	0.000	0.000
2	0.367	-1.575
3	0.733	-2.420
4	1.100	-3.051
5	1.467	-3.661
6	1.833	-3.990
7	2.200	-4.332
8	2.567	-4.676
9	2.933	-4.854
10	3.300	-4.956
11	3.667	-5.196
12	4.033	-5.407
13	4.400	-5.691
14	4.767	-5.742
15	5.133	-5.982
16	5.500	-6.094
17	5.867	-6.154
18	6.233	-6.204
19	6.600	-6.234
20	6.967	-6.246
21	7.333	-6.236
22	7.700	-6.211
23	8.067	-6.164
24	8.433	-6.098
25	8.800	-6.012
26	9.167	-5.904
27	9.533	-5.875
28	9.900	-5.774
29	10.267	-5.621
30	10.633	-5.443
31	11.000	-5.257
32	11.367	-5.000
33	11.733	-4.700

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ - 4 แสดงรูปตัด และระนาบการวิบัติของลาดดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- กำธร เจริญพงษ์. 2529. แผนภูมิชั้นดินกรุงเทพ ฯ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ ฯ.
- ดวงตา ศันสนีย์เมธา. 2541. การศึกษาพฤติกรรมการทรุดตัวของถนนกรุงเทพ ฯ – ชลบุรีสายใหม่ (ตอน 2- A/2). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ ฯ.
- ปราโมทย์ ยาหอม. 2536. การศึกษาเปรียบเทียบการทรุดตัวของคันทางทดลองบนถนนพระรามที่ 2. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ ฯ.
- พงษ์ศิลป์ เดชะดวงศ์. 2544. การศึกษาพฤติกรรมความเค้นความเครียดของกำแพงกันดินชนิดเรียงต่อเนื่องโดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ ฯ.
- พิชัย ประทุมศรีสาคร. 2539. พฤติกรรมการทรุดตัวของถนนพระรามที่ 2. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ ฯ.
- พิน พรหมมา. 2543. การวิเคราะห์เสถียรภาพและการคาดคะเนการทรุดตัวของคันทางดินอ่อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ ฯ.
- พินิจ ธรรมชรรี. 2528. การวิเคราะห์เสถียรภาพและการคาดคะเนการทรุดตัวของถนนต่อเติมใหม่บนชั้นดินอ่อนมาก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ ฯ.
- มณเฑียร กังศศิเทียม. 2539. กลศาสตร์ของดินด้านวิศวกรรม. สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพฯ ฯ.
- มานะ อภิปพัฒน์มนตรี. 2539. วิศวกรรมปฐพีและฐานราก. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ ฯ.
- รัฐธรรม อีสโรพาร. 2539. คู่มือการใช้โปรแกรม KU SLOPE. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ ฯ.
- วรากร ไม้เรียง, จิรพัฒน์ โชติกไกร และประทีป ดวงเดือน. 2525. ปฐพีกลศาสตร์ทฤษฎีและปฏิบัติการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. ม.ป.ท.
- วรากร ไม้เรียง. Slope stability analysis. เอกสารประกอบการสอน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ ฯ.
- วรากร ไม้เรียง. 2539. วิศวกรรมเขื่อนดิน. โรงพิมพ์รุ่งแสงการพิมพ์, กรุงเทพฯ ฯ.
- วิชาญ ภูพัฒน์. 2517. ถนนบนดินอ่อน. กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง, กรุงเทพฯ ฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย.2520.ข้อมูลสภาพดินบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง.
วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์,กรุงเทพ ฯ.
- วินิจ ชัยชนะศิริวิทยา,กิจวัช ตั้งบุญธินา.2543.ความรู้พื้นฐานทางด้านปฐพีกลศาสตร์
,กรุงเทพ ฯ.
- วินิจ ช่อวิเชียร.2547.ปฐพีกลศาสตร์.สกายบุ๊กส์,กรุงเทพ ฯ.
- สันชัย อินทพิชัย และพานิช วุฒิพฤกษ์.2547.ปฐพีกลศาสตร์. สกายบุ๊กส์,กรุงเทพ ฯ.
- สุพจน์ ศรีนิล,แหลมทอง เหล่าคงถาวร,ชลธิ เร่บ้านเกาะ.2549.คู่มือปฏิบัติการทดลองปฐพีกล
ศาสตร์.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.กรุงเทพ ฯ.พิมพ์ครั้งที่ 2
- สมหวัง วิทยาปัญญานนท์, 2549.การออกแบบความลาดเอียง,กรุงเทพ ฯ.
- สุชัยวีร์ สุวรรณสวัสดิ์.ปฐพีกลศาสตร์.เอกสารประกอบการสอน .สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.กรุงเทพ ฯ.
- สุรฉัตร สัมพันธ์รักษ์.2540.วิศวกรรมปฐพี.วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรม
ราชูปถัมภ์,กรุงเทพ ฯ.
- สุรฉัตร สัมพันธ์รักษ์.2530.การคำนวณแรงดันด้านข้างและข้อมูลดินในการออกแบบ
การสัมมนาทางวิชาการเรื่องการออกแบบและก่อสร้าง SHEET PILE,วิศวกรรมสถานแห่ง
ประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์,กรุงเทพ ฯ.หน้า 51-90.
- Braja ,M.Das.2002.Principles of Geotechnical Engineering 5 - ed.United State of
America : Book/Cole - Thomson Learning.
- Braja ,M.Das.2004.Principles of Foundation Engineering 5 - ed. United State of
America : Book/Cole-Thomson .Learning.
- Bergado,D.T.,S.Ahmed,C.L.Sompaco and A.S.Balasubramaniam.1990.Settlement of
Bangna-Bangpakong Highway on Soft. Elsevier Scientific Publishing, India.
- Bishop, A.W. 1955. The Use of Slip Circle in the Stability Analysis of Earth
Slope.Geotechnique. 5: 7-17
- Bjerrum, L. 1972. Embankment on Soft Ground. pp. 1- 54. In Proceeding of American
Society of Civil Engineering.Conference on Performance of Earth and Earth Supported
Structure. Purdue University, Indiana.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Bowles, J.E. 1996. Foundation Analysis and Design. 5th ed., McGraw-Hill Book Company, New York.
- Brand, E.W. and S. Kanjanophas. 1971. Compressibility of Bangkok Clay. Res. Rep. No. 10. AIT, Bangkok.
- Boussinesq, J. 1885. Fundamental of Soil Mechanics. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Eide, O. and S. Holmberg .1972. Test Fills to Failure on the Soft Bangkok Clay. Performance of Earth and Earth Supported Structure. 1: 159-180.
- Fellenius, W. 1936. Calculation of The Stability of Earth Dam. Trans. 2nd Congress on Large Dam. 4: p. 445.
- Hengchaovanich, D. 1969. Shear Strength Characteristics of Stiff Bangkok Clay. M. Eng. Thesis, AIT., Bangkok.
- Hsiao, C.H. 1995. Prediction and Measurement of Coefficient of Consolidation on Soft Bangkok Clay at Nong Ngoo Hao. M. Eng. Thesis, AIT., Bangkok.
- Janbu, N. 1954. Stability Analysis of Slopes with Dimensionless Parameters. Harvard Soil Mechanics Series. 10.
- L. Bjerrum and B. Kjaernsil. 1956. Veiledning Ved Losning av Fundamentering Soppgaver. NGL Publication.
- Moh, Z.C. 1969. Strength and Compressibility of Soft Bangkok Clay. Res. Rep. No. 7. AIT. Bangkok.
- Naylor, D. J. 1982. Finite Element and Slope Stability. Numerical Models in Geomechanics. 22: 229-244.
- Skempton, A.W. 1954. The Pore Pressure Coefficient A and B. Geotechnique. 4: 142-147.
- Taylor, D.W. 1967. Fundamental of Soil Mechanics. Modern Asia Edition. Charles E. Tuttle Co., Tokyo.
- Terzaghi, K. 1943. Theoretical Soil Mechanics. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Whitman, R.V. and W.A. Bailey. 1967. Use of Computers for Slope Stability Analysis. Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division. 93: 475-498.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Wright, S.G., F.H. Kulhawy and J.M. Duncan. 1973. Accuracy of Equilibrium Slope Stability Analysis. Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division. 99:783-791.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้